

Timo Häyrinen

Jäähdytetyn toimistorakennuksen dynaamisen energialaskennan suunnitteluohje

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

28.5.2013

<p>Tekijä Otsikko</p> <p>Sivumäärä Aika</p>	<p>Timo Häyrinen Jäähdytetyn toimistorakennuksen dynaamisen energialaskennan suunnitteluohje</p> <p>78 sivua + 4 liitettä 28.5.2013</p>
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-suunnittelupainotteinen
Ohjaajat	LVI-osastopäällikkö Ilkka Kiiski yliopettaja Piia Sormunen
<p>Insinööriyön tavoitteena oli tehdä uuden jäähdytetyn toimistorakennuksen dynaamisen energialaskennan suunnitteluohje. Tavoitteena suunnitteluohjeelle oli uuden energiatodistusasetuksen, Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 sekä laskennan tietoteknisen toteuttamisen yhdistäminen yhdeksi kokonaisuudeksi. Suunnitteluohjeen tekemisen ohella ohjeen tekemisessä käytetylle esimerkkitapaukselle tehtiin tietomalli, dynaaminen energialaskenta sekä herkkyystarkastelu.</p> <p>Insinööriyönä tehdyn suunnitteluohjeen teoriaosiossa on perehdytty rakentamismääräyskokoelman osan D3 sekä uuden energiatodistusasetuksen laskentasääntöihin. Laskentasääntöjen lisäksi teoriaosiossa on esitetty jäähdytetyn toimistorakennuksen energialaskennassa käytettäviä lähtöarvoja.</p> <p>Tietoteknisessä osiossa suunnitteluohje tehtiin esimerkkikohteen dynaamisen energialaskennan ohella. Tietotekninen ohje tietomallinnuksen osalta tehtiin MagiCAD Room -ohjelmalle ja dynaamisen energialaskennan ohje Riuska-ohjelmalle.</p> <p>Tietoteknisen ohjeen tekemisessä käytetylle esimerkkikohteelle tehtiin myös herkkyystarkastelu. Herkkyystarkastelussa selvitettiin eri suunnitteluratkaisuiden vaikutusta rakennuksen E-lukuun. Herkkyystarkastelun perusteella yksittäisten energiatehokkuutta parantavien ratkaisuiden vaikutus E-luvun pienenemiseen on melko pieni, mutta yhdistämällä energiatehokkuutta parantavia ratkaisuja vaikutus E-lukuun on merkittävä.</p>	
Avainsanat	dynaaminen energialaskenta, tietomalli, E-luku, kokonaisenergiankulutus

Author Title	Timo Häyrinen Design manual for dynamic energy calculation for a cooled office buildings
Number of Pages Date	78 pages + 4 appendices 28 May 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Design Orientation
Instructors	Ilkka Kiiski, Head of HVAC Department Piia Sormunen, Principal Lecturer
<p>The objective of this final year project was to develop a design manual for dynamic energy calculation required when designing an office building with a cooling system. Additionally, the project included a review about the effects of various design solutions on the energy efficiency of the office building.</p> <p>The calculation rules for the design manual were created by combining the rules of the new energy certificate regulation and the D3 regulation of the Finnish national building code. Guidelines for information technology were created alongside with dynamic energy calculation made for the office building. The guidelines for creating an information model were made for the MaciCAD Room program, and the guidelines for the performance dynamic energy calculation were made for Riuska program.</p> <p>The main result of this project was the design manual. The use of the design manual makes the calculation process more fluent and convenient for the designer. The review of the design solutions showed that individual solutions do not improve the energy efficiency considerably. However, if some of the solutions that improve energy efficiency are used together, the combined effect of the solutions is remarkable.</p>	
Keywords	dynamic energy calculation, energy efficiency, HVAC designing

Sisällys

Käsitteet

1	Johdanto	1
2	Rakennuslupamenettelyn yhteydessä tehtävä energiaselvitys	3
2.1	Kokonaisenergiankulutuksen laskenta ja energiatehokkuuden luokittelu	3
2.2	E-luvun laskennassa käytettävät lähtöarvot ja niiden laskenta	6
3	Energiaselvityksen laskentaprosessi	19
4	Tietomallin luonti arkkitehti- ja rakennesuunnitelmista	23
4.1	Projektin perustaminen	23
4.2	Projektin tietojen määrittäminen	25
4.2.1	Kerroskorkotietojen määrittäminen projektitiedostoon	26
4.2.2	Seinärakenteiden määrittäminen projektitiedostoon	27
4.2.3	Oviobjektien määrittäminen projektitiedostoon	28
4.2.4	Ikkunaobjektien määrittäminen projektitiedostoon	29
4.2.5	Vaakarakenteiden tietojen määrittäminen projektitiedostoon	30
4.3	Tietomallin objektien luonti ja muokkaaminen	31
4.3.1	Arkkitehtipohjakuvien lisääminen tietomalliin	34
4.3.2	Seinien piirtäminen tietomalliin	35
4.3.3	Ikkunoiden lisääminen tietomalliin	37
4.3.4	Ovien lisääminen tietomalliin	38
4.3.5	Vaakasuntaiset rakenteet tietomallin luonnissa	40
4.3.6	Tietomallin objektien muokkaustyökalujen käyttäminen	40
4.3.7	Huonemääritysten tekeminen tietomalliin	41
4.4	Tietomallin kerrosten kopionti	44
4.5	Tietomallin esikatselu	46
4.6	Valmiin tietomallin muuntaminen IFC-muotoon	47
5	Dynaamisen energialaskennan suorittaminen Riiska-ohjelmalla	48
5.1	Projektin perustaminen ja tietomallin tuominen ohjelmaan	48
5.2	Rakennuksen standardoidun käytön mukaisten tietojen määrittäminen	50
5.2.1	Kirjastot	50

5.2.2	Tilatyypit ja sisäilman laatu	51
5.2.3	Rakenteet	51
5.2.4	Ikkunat ja ovet	55
5.2.5	Tilojen lämpökuormat	57
5.2.6	Ilmanvaihto	59
5.2.7	Rakennuksen laajuustiedot ja vuotoilma	61
5.2.8	Olosuhteiden simulointi ja laskenta	62
5.2.9	Järjestelmien energiantarpeiden määrittäminen	63
5.3	Laskentatulosten tarkastelu ja tulostus	68
6	Esimerkkikohteen herkkyystarkastelu	71
6.1	Laskennan esimerkkikohteen esittely	71
6.2	Herkkyystarkastelun laskentatapa	71
6.3	Herkkyystarkastelun tulokset	74
7	Yhteenveto	77
	Lähteet	78
	Liitteet	
	Liite 1. Esimerkkikohteen rakenteiden tiedot	
	Liite 2. Herkkyystarkastelun lähtöarvotaulukko	
	Liite 3. Herkkyystarkastelun tulostaulukot	
	Liite 4. Riuska-ohjelman energiatulosteet	

Käsitteet

2D-näkymä kaksiulotteinen näkymä.

3D-näkymä kolmiulotteinen näkymä.

DWG *Drawing*. Autodeskin tietoteknisten suunnitteluohjelmien tiedostomuoto.

E-luku E-luku on energiamuodon kertoimella painotettu rakennuksen standardikäytön mukainen vuotuinen ostoenergiankulutus lämmitettyä nettoalaa kohden.

IFC *Industry Foundation Classes*. Kansainvälinen tiedonsiirtostandardi, jonka välityksellä on mahdollista siirtää tietomallinnustietoa ohjelmien välillä.

LTO lämmöntalteenotto.

RakMk Suomen rakentamismääräyskokoelma.

SFP-luku ilmanvaihtokoneen tai puhaltimen ominaissähköteho, kW/(m³/s).

UNFCCC *United Nations Framework Convention on Climate Change*. YK:n puitesopimus ilmastonmuutoksesta.

1 Johdanto

Uutta toimistorakennusta suunniteltaessa on laadittava suunniteltavalle kohteelle energiaselvitys. Ympäristöministeriön uusi asetus rakennuksen energiatodistuksesta muuttaa jäähdytettyjen toimistorakennusten energiatarkastelun pelkästä lämpöhäviölaskennasta kokonaisenergiatarkasteluun pakolliseksi. Käytännössä tämä tarkoittaa dynaamisella laskentaohjelmalla toteutettavaa energiasimulointia, silloin kun rakennuksessa on jäähdytysjärjestelmä. Dynaamisella laskentaohjelmalla pystytään rakennuksen tietomallia käyttäen määrittelemään rakennuksen vuotuinen laskennallinen ostoenergiankulutus niin lämmityksen, jäähdytyksen kuin kiinteistösähkön kulutuksen osalta. Dynaamisella laskentaohjelmalla voidaan energiasimuloinnin ohella tehdä myös pakollinen olosuhdesimulointi kesäajan huonelämpötilan pysyvyyden tarkastelua varten.

Rakennuksen energiankulutusta arvioidaan rakennuksen standardoidulla käytöllä, jonka perustiedot ovat Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D3. Ympäristöministeriön uusi asetus rakennuksen energiatodistuksesta julkaistiin 27.2.2013. Energiatodistusasetuksen sisältämät ohjeistukset ja määräykset tulevat voimaan 1.6.2013. Standardoidun energiankulutuksen vertailuarvona käytetään E-lukua (kWh/m^2).

Insinööriyön tavoitteena on saada tilaajayrityksen käyttöön selkeä ja ajantasainen dynaamisen energialaskennan suunnitteluohje uusille jäähdytetyille toimistorakennuksille. Suunnitteluohjeen tavoitteena on yhdistää määräykset ja asetukset sekä tietotekninen ohje yhdeksi kokonaisuudeksi energialaskentaa tekevän suunnittelijan avuksi. Suunnitteluohje on tehty tilaajayrityksen käyttämille MagiCAD Room- sekä Riuska-ohjelmille. Lisäksi insinööriyössä tehdään suunnitteluohjeen esimerkkikohteelle herkkyytarkastelu, jonka tavoitteena on selvittää esimerkkikohteeseen sopivien erilaisten suunnitteluratkaisuiden vaikutuksia rakennuksen E-lukuun.

Uusilla määräyksillä pyritään energiatehokkaampaan rakentamiseen. EU:n energiadirektiivin tavoite on ohjata jäsenmaiden rakentamista siten, että kaikki uudet rakennukset ovat lähes nollaenergiataloja 31.12.2020 lähtien [1, s. 21]. Uusilla määräyksillä pyritään kokonaisvaltaisemman rakennuksen energiankäytöntarkastelun avulla optimoimaan rakennuksen energiankäyttö tapauskohtaisesti mahdollisimman tehokkaaksi. Talotekniikan osalta tämä tarkoittaa suunniteltavien taloteknisten järjestelmien tarpeenmukaisen käytön optimointia. Mikäli tulevaisuudessa uusiutuvaa omavaraisener-

giaa tuottavien järjestelmien hankintahinnat tulevat edullisemmiksi, eri energiamuotojen valinnalla tulee olemaan merkittävä osuus rakennusten energiatehokkuuden parantamisessa.

Euroopan parlamentin ja neuvoston julkaisema rakennusten energiatehokkuutta koskeva direktiivi 2010/31/EU toimi liikkeellepanevana tekijänä Suomen energiatehokkuusmääräysten kiristämiseksi. Direktiivin tavoite on pienentää rakennusten energiankulutusta sekä lisätä uusiutuvien energialähteiden käyttöä, mikä osaltaan auttaa säästämään EU:n kasvihuonekaasupäästöjen sekä energiankulutuksen loppukulutuksen vähennystavoitteita. Direktiivin ohjeistuksella pyritään parantamaan energiatehokkuutta keskimäärin 20 prosenttia verrattuna tilanteeseen, joka kehittyisi ilman toimenpiteitä. [1.]

Euroopan unioni noudattaa YK:n UNFCCC-puitesopimukseen liitettyä Kioton pöytäkirjaa, joka velvoittaa vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä 20 prosenttia vuoteen 2020 mennessä verrattuna vuoden 1990 päästötasoon. EU on varautunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä 30 prosenttia vuoteen 2020 mennessä, mikäli muut maailman teollisuusmaat sitoutuvat vastaaviin vähennyksiin. Direktiivin mukaan 40 prosenttia kokonaisenergiankulutuksesta EU:n alueella aiheutuu rakennuksista. Direktiivin toimien arvioidaan vähentävän 5–6 prosenttia Euroopan unionin loppuenergian kulutuksesta sekä 4–5 prosenttia hiilidioksidipäästöistä vuoteen 2020 mennessä [2]. Euroopan unionin tavoitteena on kasvattaa uusiutuvan energian käyttöä 20 prosenttiin kokonaisenergiankulutuksesta, ja osana tätä tavoitetta direktiivi kannustaa jäsenmaita suosimaan uusiutuvan energian käyttöä rakennuksissa. [1.]

Suomi noudattaa ilmastostrategiassaan ja energiatehokkuuden parantamistoimissaan Euroopan unionin ilmastopoliittista linjausta. Suomi on sitoutunut Kioton pöytäkirjan sekä YK:n UNFCCC-ilmastopöytäkirjan lisäksi noudattamaan Euroopan unionin lainsäädäntöä. [3.]

Insinööritoimiston tilaajayritys on Hepacon Oy. Hepacon Oy on vuonna 1978 perustettu talotekniikan konsultointipalveluja tarjoava yhtiö. Yhtiön ainoa toimipiste sijaitsee Helsingin Malmilla. Hepacon Oy:ssä työskentelee yhteensä noin 50 henkilöä LVI-, sähkö- sekä rakennusautomaatio-osastoilla. Opinnäytetyön aihe valittiin sen ajankohtaisuuden ja suunnitteluohjeen tarpeen vuoksi.

2 Rakennuslupamenettelyn yhteydessä tehtävä energiaselvitys

Laki rakennuksen energiatodistuksesta astuu voimaan 1.6.2013. Uuden energiatodistustlain mukaan maankäyttö- ja rakennuslain 125 §:n mukaista uudisrakennuksen rakennuslupaa haettaessa on energiatodistuksella osoitettava rakennuksen arvioitu energiatehokkuus [4]. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta velvoittaa tekemään jäähdytetyille rakennuksille laskennallisen kokonaisenergiankulutuksen laskennan dynaamisella laskentamenetelmällä [5, 2 §]. Laskennan tuloksista laaditaan ympäristöministeriön energiatodistusasetuksen liitteen 3 mukainen energiatodistuslomake, jossa esitettävät tiedot ilmoitetaan asetuksen liitteessä 4 kuvatulla tavalla [5, 6 §]. Energiaselvitys sisältää energiatodistuksen lisäksi yleensä vähintään kesäaikaisen huonelämpötilan tarkastelun.

2.1 Kokonaisenergiankulutuksen laskenta ja energiatehokkuuden luokittelu

Uusien energiatehokkuusmääräysten tavoitteena on parantaa rakennuskannan energiatehokkuutta sekä luoda selkeät rakennuksen standardikäytön mukaiset laskentasäännöt laskennan läpinäkyvyyden parantamiseksi. Laskennan läpinäkyvyyden parantaminen lisää energiatodistusten keskinäistä vertailukelpoisuutta. Uusien määräysten myötä rakennusten energiatarkastelussa siirrytään kohti kokonaisvaltaisempaa energiankulutuksen tarkastelua. Tässä luvussa on esitelty määräysten mukaiset kokonaisenergiailaskennan laskentasäännöt sekä toimistorakennuksen energiatehokkuuden luokittelu.

Kokonaisenergiankulutuksen laskenta

Kokonaisenergiankulutuksen vertailuarvo on laskennallinen kokonaisenergiankulutus eli E-luku. E-luvun laskennassa lasketaan kunkin ostoenergiamuodon vuotuinen laskennallinen kokonaisenergiankulutus ja sen kertoimen tulo jaettuna rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla [5, liite 1, s. 1]. Kun jokaisen energiamuodon E-luku on laskettu, summataan ne yhteen rakennuksen E-luvuksi. Taulukossa 1 on esitetty eri energiamuotojen kertoimet.

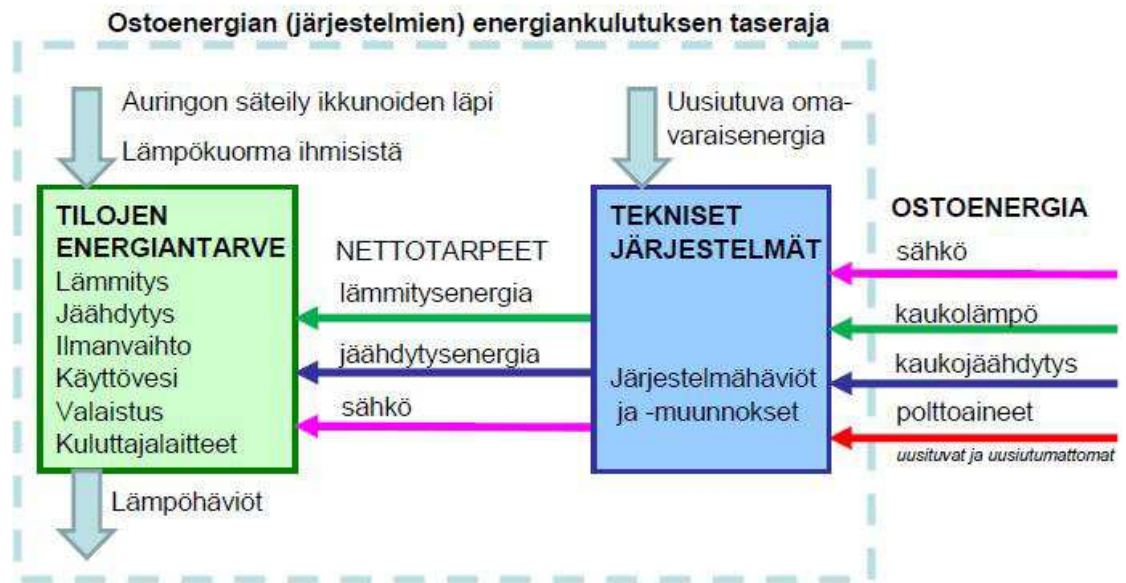
Taulukko 1. E-luvun laskennassa käytettävien energiamuotojen kertoimia [5, liite 1, s. 1].

Energiamuoto	Kerroin
sähkö	1,7
kaukolämpö	0,7
kaukojäähdytys	0,4
fossiiliset polttoaineet	1,0
rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,5

Uusiutuvalle omavaraisenergialle ei ole kerrointa, sillä uusiutuvaa omavaraisenergiaa käytettäessä otetaan huomioon vain järjestelmän nettoenergiahyöty. Esimerkiksi maalämpöjärjestelmää käytettäessä pumpun tarvitsema vuotuinen sähköenergiantarve lasketaan normaalisti sähkön energiamuotokerroimella painotettuna, mutta pumpun tuottama vuotuinen lämpöenergiamäärä vähennetään rakennuksen vuotuisesta lämmitysenergian nettotarpeesta. Uusiutuvaa omavaraisenergiaa käyttävät järjestelmät rakennuksissa pienentävät ostoenergiantarvetta, jonka seurauksena E-luku pienenee. Uusiutuvat polttoaineet eivät kuitenkaan kuulu omavaraisenergian laskennan piiriin, joten polttoaineille on määritetty energiamuodon kerroin taulukossa 1. Kunkin energiamuodon E-luku lasketaan erikseen kaavalla 1. Kun eri energiamuotojen E-luvut on laskettu, summataan ne yhteen lopullisen E-luvun muodostamiseksi. [5.]

$$\frac{(\text{ostoenergiankulutus, kWh}) \times (\text{Energiamuotokerroin})}{(\text{Lämmitetty nettoala, m}^2)} = E - \text{luku} \left(\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2} \right) \quad (1)$$

E-luvun laskennassa käytettävällä ostoenergiankulutuksella tarkoitetaan rakennukseen ulkopuolelta tuotua vuosittaista energiamäärää. Rakennuksen sähkön, kaukolämmön, kaukojäähdytyksen sekä polttoaineen energiankulutus lasketaan ostoenergiankulutukseksi. Ostoenergiankulutuksen taseraja on esitetty katkoviivalla kuvassa 1.



Kuva 1. Kokonaisenergiankulutuksen tarkastelun periaatekaaviokaavio [5, liite 1, s. 2].

Energialaskenta suoritetaan pääasiassa RakMk D3:n lukujen 3 ja 4 laskentasääntöjä käyttäen sekä RakMk D3:n luvun 5 vaatimusten mukaisilla laskentamenetelmillä ja laskentatyökaluilla. RakMk D3:n mukainen laskentasääntö kumoutuu, mikäli ympäristöministeriön asetuksessa energiatodistuksesta on siitä poikkeava laskentasääntö, jota laskennassa tulee tällöin käyttää. Uuden toimistorakennuksen energialaskennan laskentasäännöt ja lähtöarvot on esitetty tarkemmin luvussa 2.2 E-luvun laskennassa käytettävät lähtöarvot ja niiden laskenta.

Uuden toimistorakennuksen energiatehokkuuden luokittelu

Rakennuslupaa ei myönnetä, mikäli energiatehokkuuden minimivaatimus ei täyty. Uuden toimistorakennuksen E-luvun minimivaatimus on 170 kWh/(m²vuosi), joten energiatehokkuusluokka C on uudelle toimistorakennukselle alin mahdollinen. Energiatehokkuusluokkaa määritettäessä E-luku ilmoitetaan pyöristettynä ylöspäin seuraavaan kokonaislukuun. Taulukossa 2 on esitetty toimistorakennuksen energiatehokkuusluokat.

Taulukko 2. Toimistorakennuksen energiatehokkuusluokat [5, liite 2, s. 3].

Energiatehokkuusluokka	Kokonaisenergiankulutus, E-luku (kWh/m ² vuosi)
A	$E\text{-luku} \leq 80$
B	$81 \leq E\text{-luku} \leq 120$
C	$121 \leq E\text{-luku} \leq 170$
D	$171 \leq E\text{-luku} \leq 200$
E	$201 \leq E\text{-luku} \leq 240$
F	$241 \leq E\text{-luku} \leq 300$
G	$301 \leq E\text{-luku}$

2.2 E-luvun laskennassa käytettävät lähtöarvot ja niiden laskenta

Laskentaolosuhteet

Dynaaminen energialaskenta toteutetaan aina sää vyöhykkeen 1 (Helsinki-Vantaa lentoasema) arvoilla. Uuden toimistorakennuksen energialaskennassa käytettävät RakMk D3:n mukaiset huonelämpötilan asetusarvot ovat seuraavat:

- Lämmitysraja +21 °C
- Jäähdytysraja +25 °C.

Riiska-ohjelmassa huonelämpötilojen asetusarvot määritetään tilatyyppejä määrittäessä. Tilatyyppejen määrittäminen on esitetty luvussa 5.2.2 Tilatyyppejä ja sisäilman laatu-taso.

Lämmitetty nettoala ja rakennuksen tilojen pinta-ala

E-luvun laskentaan tarvittava lämmitetty nettoala lasketaan rakennuksen ulkoseinien sisäpinnasta. Lämmitetty nettoala saadaan rakennuksen suunnitelmista tai energiasel-

vityksestä. Mittauksen voi tehdä arkkitehtipohjakuvien perusteella jo laskennan alkuvaiheessa tietomallin luomisen yhteydessä. MagiCAD Room- sekä Riuska-ohjelmat laskevat lämmitetyn nettoalan tietomalliin luotujen tilarajojen perusteella. Arkkitehtipohjakuvien mukaan laskettua lämmitettyä nettoalaa voi vertailla ohjelmien laskemaan nettoalaan. Mikäli arkkitehtipohjakuvien mukaan laskettu lämmitetty nettoala täsmää ohjelmien laskeman lämmitetyn nettoalan kanssa, on tietomalli mallinnettu laajuustietojen osalta oikein. Puolilämpimiä tiloja käsitellään laskennassa lämpiminä tiloina. Lämmittämättömiä tiloja ei oteta laskennassa huomioon. [5, liite 1.]

Rakenteet

Uudisrakennuksen rakenteiden lämmönläpäisykertoimina käytetään jo tiedossa olevia suunnitelmien mukaisia arvoja. Vertailulämpöhäviölaskennan mukaiset rakenteiden U-arvot toimivat raja-arvoina uudisrakennuksille, sillä vertailulämpöhäviölaskennan mukaisilla arvoilla (RakMk D3) laskettua lämpöhäviötä ei saa ylittää. Rakenneosan vertailulämpöhäviölaskennan mukaisen U-arvon voi ylittää vain, jos jonkin toisen rakenteen U-arvo kompensoi kasvaneen lämpöhäviömäärän niin, että vertailuarvoilla laskettu lämpöhäviö ei ylitä. Lämpimien tilojen vertailulämpöhäviölaskennassa käytettävät rakenteiden U-arvot ovat seuraavat:

- Ulkoseinä 0,17 W/(m² K)
- Maanvarainen alapohja 0,16 W/(m² K)
- Ryömintätilainen alapohja 0,17 W/(m² K)
- Ulkoilmaan rajoittuva alapohja 0,09 W/(m² K)
- Yläpohja 0,09 W/(m² K)
- Ovi 1,0 W/(m² K)
- Ikkuna, kattoikkuna, savunpoisto- ja uloskäyntiluukku 1,0 W/(m² K).

Rakenteiden kylmäsiilat on otettava huomioon lämmitysenergian nettotarpeen laskennassa. Kylmäsiilojen ominaislämpöhäviöt ja pituudet määritetään rakennuksen asiakirjoista. Mikäli asiakirjoista ei voida selvittää kylmäsiilojen pituutta ja ominaislämpöhäviötä, tullaan lämpöhäviöiden laskennassa tulevaisuudessa käyttämään vielä julkaisemattoman RakMk D5/2012 kohdan 3 taulukoiden mukaisia arvoja. Riuska-ohjelmaan määritetään kylmäsiilan lämmönjohtavuus (W/m K) sekä pituus (m). [5, liite 1, s. 5.]

Ikkunan tuotetiedoissa määritettyä auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerrointa (g-arvo) käytetään energialaskennassa. Mikäli rakennukseen määritetyn ikkunan g-arvoa ei ole tiedossa, käytetään laskennassa arvoa 0,6 [5, liite 1, s. 5]. Riuska-ohjelman ikkunoiden tuotetietoja ei voi muokata g-arvon osalta, joten mikäli rakennuksessa käytettävää ikkunatyyppiä ei ole Riuska-ohjelman ikkunakirjastossa, valitaan kirjastosta mahdollisimman hyvin rakennukseen määritettyä ikkunatyyppiä vastaava ikkunatyyppi.

Vuotoilma

Rakennuksen ilmanvuotolukuna käytetään rakennusvaipan keskimääräistä vuotoilma-virtaa tunnissa 50 pascalin paine-erolla. Ilmanvuotoluvun tunnus on q_{50} , ja sen yksikkö on $\text{m}^3/(\text{h m}^2)$. Aiemmin ilman vuotoilmalukuna on käytetty ilmanvuotolukua n_{50} . Mikäli energialaskennan tekijälle ilmoitetaan ilmanvuotoluku n_{50} -lukuna, voi sen muuttaa q_{50} -luvuksi kaavalla 2. Riuska-ohjelmaan ilmanvuotoluvun voi määrittää n_{50} - tai q_{50} -lukuna. Ilmanvuotoluvun määrittämisestä Riuska-ohjelmaan on tarkemmat ohjeet luvussa 5.2.7. [5, liite 1, s. 6–7.]

$$q_{50} = \frac{n_{50}}{A_{vaippa}} V \quad (2)$$

jossa

q_{50}	rakennusvaipan ilmanvuoto luku 50 Pa:n paine-erolla, $\text{m}^3/(\text{h m}^2)$
n_{50}	rakennuksen ilmanvuoto luku 50 Pa:n paine-erolla, 1/h
V	rakennuksen tilavuus, m^3
A_{vaippa}	rakennusvaipan pinta-ala (alapohja mukaan luettuna), m^2

Uudisrakennuksen ilmanvuotoluvun suurin sallittu arvo on $4 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$. Uudisrakennuksen ilmanvuotoluvun arvioi useimmiten arkkitehtisuunnittelija. Arkkitehdin energiatehokkuusvaatimukseen liittyvässä selvityksessä esitettyä arviota ilmanvuotoluvusta käytetään dynaamisen energialaskennan lähtöarvona. Mikäli ilmanvuotolukua ei ole arvioitu suunnitelmissa, käytetään laskennassa suurinta sallittua arvoa.

Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmän energiantarpeen laskennassa lasketaan tilojen lämpöenergiankulutus (lämpöhäviölaskennan perusteella), ilmanvaihdon lämpöenergiankulutus sekä lämpimän käyttöveden tuottamiseen kulunut lämpöenergia. Dynaaminen laskentaohjelma laskee rakennuksen lämpöhäviöt automaattisesti annettujen lähtötietojen perusteella. Lämmitysjärjestelmän energiankulutuksen laskennassa huomioidaan rakennuksen lämpöhäviöiden lisäksi myös seuraavat asiat:

- lämmönjaon häviöt
- luovutuksen häviöt
- lämmitysenergian tuoton häviöt.

Lämmitysjärjestelmän tilojen vuotuinen energiantarve lasketaan kaavalla 3, joka huomioi lämmönjaon ja -luovutuksen häviöt. [5, liite 1, s. 9.]

$$\frac{Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}}{\eta_{\text{tilat}}} = Q_{\text{lämmitys, tilat}} \quad (3)$$

jossa

$Q_{\text{lämmitys, tilat}}$ tilojen lämmitysenergian kokonaistarve, kWh

$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}}$ tilojen lämmitysenergian nettotarve, kWh

η_{tilat} lämmitysjärjestelmän lämmönjaon ja -luovutuksen vuosihyötysuhde

Riuska-ohjelmaan on lisättävä manuaalisesti lämmitysenergian kokonaistarpeen ja nettotarpeen erotus, eli lämmönjaon ja -luovutuksen lämpöhäviöenergia. Lämmönjaon ja -luovutuksen energiantarpeen manuaalinen lisääminen on esitetty luvussa 5.2.9. Yleisimmin käytettyjen lämmitysjärjestelmien lämmönjaon ja -luovutuksen vuosihyötysuhteita on esitetty taulukossa 3. Mikäli säätöventtiilit vesikiertoisessa lämmitysjärjestelmässä ovat pääosin käsikäyttöisiä, taulukon 3 hyötysuhde kerrotaan arvolla 0,9 [5, liite 1, s. 9]. Taulukko on esitetty kokonaisuudessaan ympäristöministeriön rakennuksen energiatodistusasetuksen liitteen 1 sivulla 10.

Taulukko 3. Yleisimmin käytettyjen lämmitysjärjestelmien lämmönjaon ja -luovutuksen vuosihyötysuhteita [5, liite 1, s. 10].

Lämmitysratkaisu	Vuosihyötysuhde η_{tilat}
Vesiradiaattori 70/40 °C	
jakojohtot eristetty	0,9
jakojohtot eristämätön	0,8
Vesiradiaattori 70/40 °C jakotukilla	
	0,85
Vesikiertoinen lattialämmitys 40/30 °C	
maata vasten rajoittuvassa rakenteessa	0,8
ryömintätilaan rajoittuvassa rakenteessa	0,8
ulkoilmaan rajoittuvassa rakenteessa	0,75
lämpimään tilaan rajoittuvassa rakenteessa	0,85

Riuska-ohjelmalla tehtävässä dynaamisessa energialaskennassa ohjelmaan määritetään lämmitysjärjestelmien energiamuotojen vuosihyötysuhde sekä myös kunkin energiamuodon osuus prosentteina. Ohjelma ottaa täten huomioon automaattisesti vuosihyötysuhteen arvon määrittämisen jälkeen lämmitysenergian tuoton häviöt. Arvojen määrittäminen ohjelmaan on esitetty luvussa 5.2.9 Järjestelmien energiantarpeiden määrittäminen. Laskennassa käytettävät vuosihyötysuhteet on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Lämmöntuoton energiamuotojen vuosihyötysuhteet [5, liite 1, s. 11].

Lämmöntuotto	Vuosihyötysuhde
standardi öljy/kaasu	0,90
kondenssi öljy	0,95
kondenssi kaasu	1,01
pellettikattila	0,84
puukattila energiavaraajalla	0,82
kaukolämpö	0,97
huonekohtainen sähkölämmitys	1,00

Lämmin käyttövesi

Riuska-ohjelmalla laskettavassa dynaamisessa energialaskennassa lämpimän käyttöveden lämpöenergiantarve syötetään ohjelmaan manuaalisesti. Arvo syötetään ohjelmaan vuotuisena kulutuksena lämmitettyä nettoalaa kohden ($\text{kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$). Uudelle toimistorakennukselle lämpimän käyttöveden lämmitysenergiantarve lämmitettyä nettoalaa kohden on $6 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \text{ a})$ [6, s. 21]. Lisäksi lämpimän käyttöveden lämpöenergiantarpeen laskennassa otetaan huomioon seuraavat asiat:

- lämpimän käyttöveden siirron häviöt
- lämpimän käyttöveden kiertojohtojen häviöt
- lämpimän käyttöveden varastoinnin häviöt.

Käytännössä uusiin toimistorakennuksiin tulee nykyisin aina lämpimän käyttöveden kiertojohto, joten käyttöveden siirron hyötysuhteena käytetään tällöin arvoa 0,88. Lämpimän käyttöveden siirron hyötysuhteena voidaan käyttää myös erillisselvityksessä laskettua arvoa. Lämpimän käyttöveden siirron vuotuinen lämpöenergiantarve laskeaan kaavalla 4. [5, liite 1, s. 7 ja 8.]

$$\frac{Q_{lkv, netto}}{\eta_{lkv, siirto}} - Q_{lkv, netto} = Q_{lkv, siirto} \quad (4)$$

jossa

$Q_{lkv, netto}$ käyttöveden lämmityksen vuotuinen nettoenergiantarve, kWh

$Q_{lkv, siirto}$ lämpimän käyttöveden jakelun vuotuinen energiantarve, kWh

$\eta_{lkv, siirto}$ lämpimän käyttöveden jakelun vuosihyötysuhde

Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviö lasketaan käyttäen taulukon 5 eristystason mukaista ominaistehoa. Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon ominaisteho voidaan laskea myös erillisselvityksen arvolla, mikäli erillisselvityksen tekeminen nähdään tarpeelliseksi. [5, liite 1, s. 7.]

Taulukko 5. Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon lämpöhäviön ominaisteho [5, liite 1, s. 8].

Eristystaso	Kiertojohtoon lämpöhäviön ominaisteho ϕ_{lkv} , kiertohäviö, omin
ei tietoa	40 W/m
0,5 D	10 W/m
1,5 D	6 W/m
suojaputki	15 W/m
suojaputki + 0,5 D	8 W/m
suojaputki + 1,5 D	5 W/m
Merkintä 0,5 D tarkoittaa eristyspaksuutta, joka on puolet eristettävän putken ulkohalkaisijasta. Merkintä 1,5 D tarkoittaa eristyspaksuutta, joka on 1,5-kertainen eristettävän putken ulkohalkaisijasta.	

Mikäli rakennuksen suunnitelmista pystytään määrittämään kiertojohtoon pituus, käytetään suunnitelmien mukaista kiertojohtoon pituutta kiertojohtoon lämpöhäviölaskennassa. Jos suunnitelmista ei pystytä määrittämään kiertojohtoon pituutta, käytetään kiertojohtoon pituuden laskennassa kiertojohtoon ominaispituutta. Toimistorakennuksen kiertojohtoon ominaispituus lämmitettyä nettoalaa kohden on 0,020 m/m² [5, liite 1, s. 8]. Kiertojohtoon ominaispituus kerrotaan lämmitetyllä nettoalalla, jolloin saadaan tulokseksi laskennassa käytettävä kiertojohtoon pituus. Lämpimän käyttöveden kiertojohtoon vuotuinen lämpöenergiantarve lasketaan kaavalla 5, kun kiertojohtoon ominaispituutta käytetään laskennassa.

$$\phi_{lkv, \text{ kiertohäviö, omin}} * (l_{omin} * A_{netto}) * 8,76 = Q_{lkv, \text{ kiertohäviö}} \quad (5)$$

jossa

$\phi_{lkv, \text{ kiertohäviö, omin}}$

kiertojohdon lämpöhäviön ominaisteho, W/m

l_{omin}

kiertojohdon ominaispituus lämmitettyä nettoalaa kohden, m/m²

A_{netto}

rakennuksen lämmitetty nettoala, m²

8,76

yksikön muuntokerroin, jolla yksiköksi saadaan kWh/a

$Q_{kiertohäviö}$

kiertojohdon vuotuinen lämpöenergiantarve, kWh

Mikäli rakennuksessa on lämpimän käyttöveden varaaja, käytetään varaajan lämpöhäviönä taulukon 6 arvoa, joka määräytyy varaajan tilavuuden ja eristyspaksuuden mukaan.

Taulukko 6. Lämpimän käyttöveden varastoinnin häviö [5, liite 1, s. 9].

Varaajan tilavuus dm ³	Varaajan lämpöhäviö $Q_{lkv, \text{ varastointi, kWh/vuosi}}$	
	40 mm eriste	100 mm eriste
50	440	220
100	640	320
150	830	420
200	1000	500
300	1300	650
500	1700	850
1000	2100	1100
2000	3000	1500
3000	4000	2000

Riuska-ohjelmaan arvot syötetään joko kilowattitunteina lämmitettyä nettoalaa kohden, tai vaihtoehtoisesti suoraan vuotuisena energiantarpeena kilowattitunteina. Edellä esitellyillä laskentatavoilla vuotuisen energiantarpeen arvot ovat kilowattitunteina, joten jos rakennuksen lämmitetty nettoala muuttuu, täytyy energiantarpeen arvot laskea ja määrittää ohjelmaan uudelleen. Lämpimän käyttöveden lämpöenergiantarpeen määrittämi-

nen Riuska-ohjelmaan on esitetty tarkemmin luvussa 5.2.9 Järjestelmien energiantarpeiden määrittäminen.

Ilmanvaihto

Ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarpeen laskennassa käytetään suunnitelmien mukaista LTO:n (lämmöntalteenotto) vuosihyötysuhteen arvoa. Uuden toimistorakennuksen ilmanvaihdon käyntiajat energialaskennassa ovat RakMk D3:n taulukon 3 rakennuksen standardikäytön mukaiset. RakMk D3:n mukaiset ilmanvaihdon käyntiajat saadaan Riuska-ohjelman aikataulukirjastosta, joten niitä ei tarvitse erikseen määrittää ohjelmaan. Riuska-ohjelma simuloi automaattisesti ilmanvaihdon tarvitseman lämmitysenergian nettotarpeen.

Uuden toimistorakennuksen energialaskennassa käytetään ulkoilmavirtana RakMk D3:n mukaista arvoa $2 \text{ dm}^3/(\text{s m}^2)$. Jos rakennukseen suunnitellaan tarpeenmukainen ilmanvaihto, käytetään laskennassa ilmamäärien suunnitteluarvoja [6, s. 18]. Ilmanvaihdon ulkoilmavirta lisätään Riuska-ohjelmassa tilojen tietoihin. Tilojen tietojen määrittäminen Riuska-ohjelmaan on esitetty luvussa 5.2.2 Tilatyypit ja sisäilman laatu.

Jäähdytys

Jäähdytysenergian nettotarve lasketaan RakMk D3:n mukaisella rakennuksen standardikäytöllä. Laskennassa otetaan huomioon tilojen ja ilmanvaihdon tarvitsema nettoenergiatarve. Riuska-ohjelma simuloi jäähdytysenergiatarpeen ohjelmaan määritettyjen tietojen perusteella. Jäähdytysjärjestelmän energiantarpeen laskennassa otetaan huomioon myös tuoton, varastoinnin, jakelun ja luovutuksen häviöt. Jäähdytysjärjestelmän energiantarpeen laskentasäännöt ja lähtötiedot tulevat olemaan vielä toistaiseksi julkaisemattomassa uudessa RakMk D5:ssä, jonka valmistelu on vielä kesken. [5, liite 1, s. 13.]

Lämpökuormat

Valaistuksen, kuluttajalaitteiden sekä ihmisten aiheuttamat lämpökuormat otetaan huomioon rakennuksen kokonaisenergian kulutuksen tarkastelussa. RakMk D3:n taulukon 3 mukaiset rakennuksen standardikäytön aiheuttamat lämpökuormat lämmitettyä nettoalaa kohden ovat toimistorakennuksen valaistukselle sekä kuluttajalaitteille

12 W/m² ja ihmisille 5 W/m². Ihmisten aiheuttama lämpökuorma 5 W/m² on kuivakuorma. Mikäli ihmisten kokonaislämmönluovutuksessa otetaan huomioon kosteuteen sitoutunut lämpö, on ihmisten aiheuttama lämpökuorma 8,33 W/m². Mikäli rakennuksen valaistuksen sähköteho on osoitettu erillisselvityksellä ohjearvoa pienemmäksi, otetaan sen pieneneminen huomioon myös lämpökuorman laskennassa. Valaistuksen sähköteho ja sen aiheuttama lämpökuorma oletetaan laskennassa keskenään yhtä suuriksi. [6, s. 19.]

Ihmisten aiheuttama lämpökuorma voidaan laskea myös henkilötiheyden perusteella. Toimistorakennuksen henkilötiheys on RakMk D3:n mukaan 1/17 (0,05882) henkilöä neliometriä kohden. RakMk D3:n mukaan henkilön kokonaislämmönluovutuksen arvoa 125 W käytetään laskennassa, mikäli laskenta tehdään henkilötiheyden perusteella. Toimistorakennuksessa tehtävä työ on yleensä kuitenkin melko kevyttä, joten laskennassa voi käyttää myös hieman pienempää arvoa [7]. Riuska-ohjelmassa on määritetty kevyttä toimistotyötä tekeväälle ihmiselle lämmönluovutukseksi 75 W. [6, s. 20.]

Valaistuksen, kuluttajalaitteiden sekä ihmisten aiheuttamien lämpökuormien lisäksi kokonaisenergian kulutuksen laskennassa otetaan huomioon myös lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpöhäviöiden aiheuttamat lämpökuormat. Lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpöhäviöistä 50 % oletetaan siirtyvän rakennuksen tiloihin lämpökuormiksi. Erillisellä laskennalla huomioitavaa osuutta voi pienentää. [5, liite 1, s. 8.]

Ikkunoiden läpi tulevan auringonsäteilyn aiheuttaman lämpökuorman Riuska-ohjelma laskee automaattisesti. Riuska-ohjelma laskee auringon säteilylämmön mukaan vähentäen lämmitysenergian nettoenergiantarvetta, sekä lisäten jäähdytysenergian nettotarvetta. Ohjelma laskee lämpökuorman rakennukselle siihen valittujen ikkunoiden tietojen perusteella.

Sähkö

Uuden rakennuksen sähköenergiantarpeen laskennassa otetaan huomioon seuraavat laskennalliset sähköenergiansiirrot:

- ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiansiirto
- lämmitysjärjestelmien apulaitteiden sähköenergiansiirto
- kuluttajalaitteiden sähköenergiansiirto
- valaistuksen sähköenergiansiirto.

Ilmanvaihdon sähköenergiansiirto määritetään ilmanvaihtokoneen ominaissähkötehon perusteella. Ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho (SFP-luku) yksikkö on kW/(m³/s). SFP-luvun suuruuteen vaikuttavat ilmanvaihtokoneen tai puhaltimen painehäviö sekä hyötysuhde, joiden perusteella lasketaan puhaltimen sähköteho. SFP-luvun laskenta suoritetaan kaavalla 6, kun ilmanvaihtokoneen tai puhaltimen ilmavirta ja sähköteho tehonsäätölaitteineen on selvillä.

$$SFP = \frac{P_{puh}}{q_v} \quad (6)$$

jossa

SFP puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m³/s)

P_{puh} puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen sähköteho tehonsäätölaitteineen, kW

q_v puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m³/s

Energialaskennassa käytetään ilmanvaihtosuunnitelmien mukaista SFP-lukua. Mikäli SFP-lukua ei pystytä suunnitelmista selvittämään, käytetään sen arvona koneellisen tulo- ja poistoilman sisältävissä ilmanvaihtojärjestelmissä arvoa 2,0 kW/(m³/s) [5, liite 1, s. 6]. Riuska-ohjelmaan määritettäviä tietoja ovat puhaltimen kokonaispainehäviö sekä kokonaishyötysuhde, joten Riuska-ohjelmaan ei voi määrittää suoraan SFP-lukua.

Lämmitysjärjestelmien apulaitteiden sähköenergiansiirto muodostuu kaikkien lämmitysjärjestelmiin liittyvien laitteiden sähkönsiirto, eli laskennassa otetaan huomioon niin lämmöntuoton kuin myös lämmönjaon ja -luovutuksen apulaitteet. Rakennuslupavaiheessa energiatodistuksen laadinnassa käytetään lämmitysjärjestelmän apulaitteiden sähköenergian ominaishiirtoa, joka määräytyy lämmöntuotantotavan mu-

kaan. Toimistorakennuksen lämmitysjärjestelmien apulaitteiden sähköenergian ominaiskulutuksen arvot on esitetty taulukossa 7. [5, liite 1, s. 11.]

Taulukko 7. Lämmitysjärjestelmien apulaitteiden sähkön ominaiskulutus [5, liite 1, s. 11].

Lämmöntuotto	Apulaitteiden sähkön ominaiskulutus kWh/(m ² vuosi)
standardi öljy/kaasu	0,24 / 0,11
kondenssi, öljy	0,25
kondenssi, kaasu	0,12
pellettikattila	0,13
puukattila energiavaraajalla	0,25
kaukolämpö	0,07
huonekohtainen sähkölämmitys	0,00

Lämmitysjärjestelmän apulaitteiden sähkön ominaiskulutus kerrotaan rakennuksen lämmitetyllä nettoalalla, jolloin tulokseksi saadaan apulaitteiden vuotuinen sähköenergiankulutus. Lämmitysjärjestelmän apulaitteiden sähköenergiantarpeen määrittämistä Riuska-ohjelmaan on käsitelty luvussa 5.2.9 Järjestelmien energiantarpeiden määrittäminen.

Kuluttajalaitteiden sekä valaistuksen sähköenergiantarpeen energialaskennassa oletetaan olevan saman verran kuin niiden aiheuttama lämpökuorma. Kuluttajalaitteiden sekä valaistuksen sähköenergiatarve lämmitettyä nettoalaa kohden on näin ollen 12 W/m². Mikäli valaistusteho on osoitettu erillisselvityksellä pienemmäksi kuin rakennuksen standardikäytön mukainen valaistustehon lämpökuorma, käytetään laskennassa erillisselvityksen mukaista sähköenergiantarpeen arvoa. Kuluttajalaitteiden sekä valaistuksen sähköenergiantarpeen määrittäminen Riuska-ohjelmaan on esitetty luvussa 5.2.9 Järjestelmien energiantarpeiden määrittäminen. [6, s. 19 ja 25.]

Standardikäytön mukaiset laskenta-aikataulut

Rakennusten standardikäytön mukaiset aikataulut on esitetty kokonaisuudessaan RakMk D3:n taulukossa 3. Toimistorakennuksen standardikäytön mukainen toimistora-

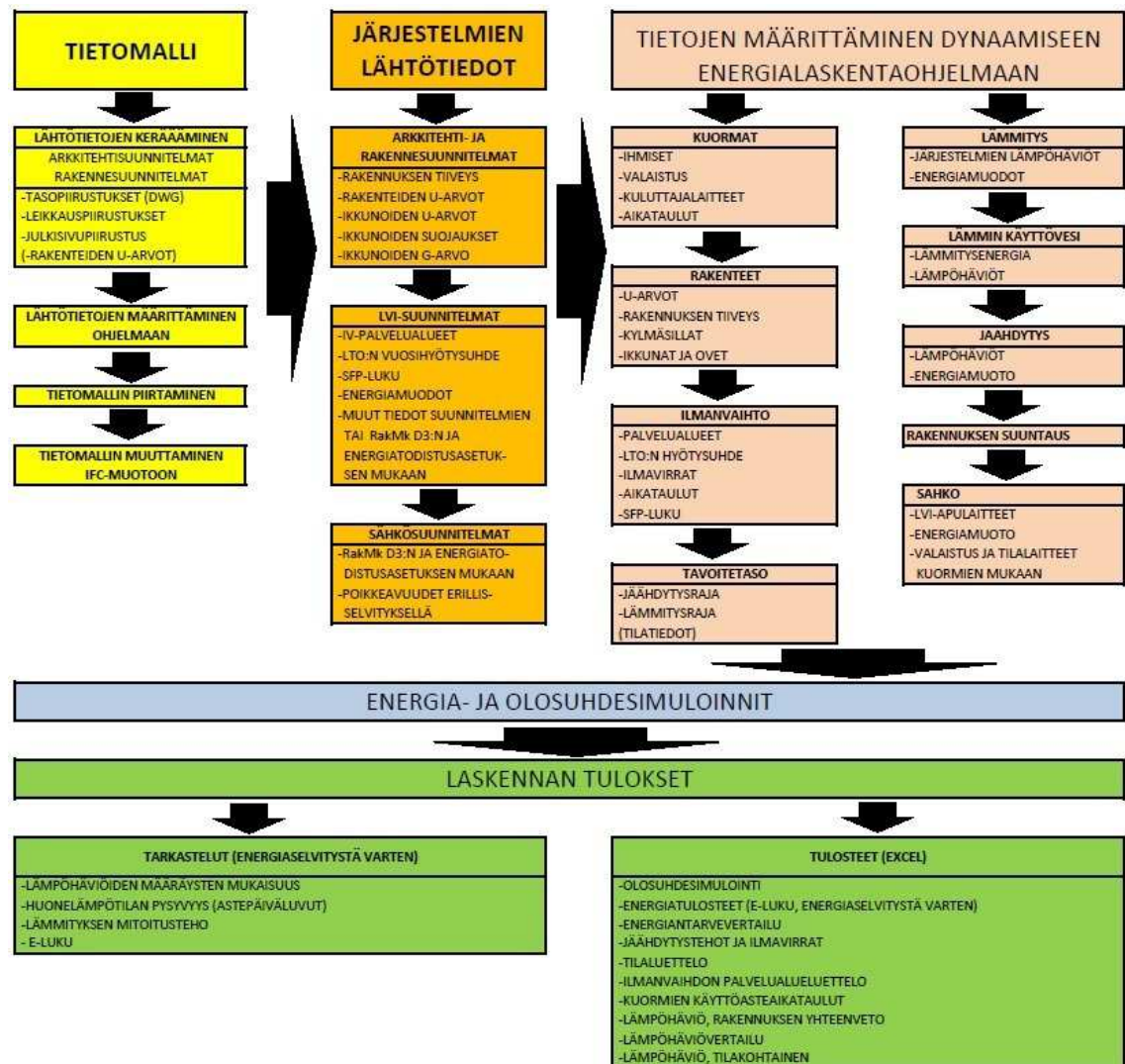
kennuksen käyttöaika on arkipäivisin 7:00–18:00. Lämpökuormien laskennassa käytetään standardikäytön mukaista aikataulua. Ilmanvaihtojärjestelmän ja sen apulaitteiden standardikäytön energiankulutuksen laskennassa lisätään käyttöaikaan tunti ennen ja jälkeen toimistorakennuksen standardikäytön aikatauluun, eli ilmanvaihtojärjestelmän standardikäytön käyttöaika on 6:00–19:00. [6, s. 19 ja 20.]

3 Energiaselvityksen laskentaprosessi

Rakennuksen energiatehokkuuden määräystenmukaisuus on todistettava rakennusluppaa haettaessa tehtävällä energiaselvityksellä. Energiaselvitys sisältää yleensä seuraavat energiatehokkuuteen liittyvät tarkastelut [6, s. 26]:

- rakennuksen kokonaisenergian kulutus (E-luku);
- energialaskennan lähtötiedot ja tulokset;
- kesäaikaisen huonelämpötilan pysyvyys ja tarvittaessa jäähdytysteho;
- rakennuksen lämpöhäviön määräystenmukaisuus;
- rakennuksen lämmitysteho mitoitustilanteessa; sekä
- rakennuksen energiatodistus.

Ympäristöministeriön uuden energiatodistusasetuksen mukaisesti jäähdytetyille toimistorakennukselle on tehtävä olosuhdetarkastelu ja energialaskenta dynaamisella laskentamenetelmällä. Käytännössä dynaaminen laskentamenetelmä tarkoittaa dynaamisella energiasimulointiohjelmalla tehtävää tarkastelua rakennukselle rakennuksen tietomallia hyödyntäen. Kun energiatodistusasetuksen mukainen laskenta tehdään Riuska-ohjelmalla, pystytään ohjelman eri toimintoja käyttämällä tekemään energiaselvitykseen yleensä vaaditut tarkastelut. Tässä luvussa käsitellään energiaselvityksen laskentaprosessin vaiheet, kun energialaskennassa käytetään dynaamista energialaskentaohjelmaa (Riuska). Energialaskennan prosessikaavio on esitetty kuvassa 2.



Kuva 2. Energialaskennan prosessikaavio.

Tietomallin luonti

Uuden toimistorakennuksen energiaselvityksen laskentaprosessi aloitetaan lähtötietojen kokoamisella. Dynaamisella laskentaohjelmalla suoritettavaan laskentaan tarvitaan suunniteltavan rakennuksen tietomalli. Mikäli rakennettavasta kohteesta ei ole laadittu valmista tietomallia, täytyy energialaskennan suorittavan suunnittelijan luoda tietomalli. Tietomallin luontia varten tarvitaan arkkitehti- ja rakennesuunnitelmia.

Arkkitehdin laatimat pohjapiirustukset tarvitaan sähköisessä muodossa (DWG), jotta tietomalli voidaan piirtää arkkitehtipohjapiirustuksia pohjana käyttäen. Rakennuksen leikkauspiirustuksia tarvitaan rakennuksen kerroskorkotietojen määrittämistä varten. Asemapiirustus tarvitaan rakennuksen suuntauksen määrittämiseksi dynaamiseen las-

kentaohjelmaan. Mikäli ikkunoiden ja ovien korkeustietoja ei pystytä määrittämään pohjapiirustusten perusteella, tarvitaan rakennuksesta myös julkisivupiirustukset, joista mitataan ikkunoiden ja ovien korkeus. Rakennesuunnitelmista tarvitaan tietomallin luontia varten tiedot rakenteiden materiaaleista ja niiden paksuuksista sekä mahdollisesti rakenteiden U-arvot. Tietomallin voi luoda ilman U-arvojen määrittämistäkin, sillä rakenteet määritetään tarkemmin Riuska-ohjelmaan energialaskentaa tehdessä. Ohje tietomallin luomiseksi on esitetty luvussa 4.

Laskentaan tarvittavat lähtötiedot

Tietomallin lisäksi energialaskentaan tarvitaan lähtötietoja LVI-, sähkö-, arkkitehti- sekä rakennesuunnitelmista. Arkkitehti ja/tai rakennesuunnitelmista tarvitaan tieto rakennuksen rakenteiden U-arvoista, ikkunoiden U-arvosta ja suojauksesta, sekä rakennuksen tiiveydestä. Rakennuksen LVI-suunnitelmista pitäisi saada ainakin tieto ilmastoinnin yleisestä toiminnasta, eli esimerkiksi ilmastoinnin palvelualueet ja niiden ilmavirrat sekä SFP-luku. Rakennuksessa käytettävät energiamuodot tulee olla tiedossa laskentaa tehdessä, jotta eri järjestelmien nettoenergian tarvetta pystytään laskemaan.

Rakennuksen LVI- ja sähköjärjestelmien laskentaa ohjaavat RakMk D3:n ja energiatodistusasetuksen määräykset ja ohjeistukset. LVI- ja sähkösuunnitelmia tarvitaan lähinnä, kun tehdään määräyksistä ja ohjeistuksista poikkeavia ratkaisuja, joiden hyväksymiseksi tulee tehdä erillisselvitys. RakMk D3:n ja energiatodistusasetuksen mukaiset lähtöarvot ja niiden laskentatavat on esitetty luvussa 2. Rakennuslupaa haettaessa laskennassa käytetään soveltuvin osin suunnitelmien mukaisia arvoja, mikäli ne pystytään tarvittaessa osoittamaan määräysten ja ohjeistusten vaatimukset täyttäviksi.

Laskennan suorittaminen ja tulokset

Kun laskenta tehdään dynaamisella energiasimulointiohjelmalla, laskenta aloitetaan määrittämällä ohjelmaan kaikki ohjelman tarvitsemat lähtötiedot, jotka ohjelma tarvitsee laskentaa varten. Lähtötietojen määrittäminen Riuska-ohjelmaan on esitetty luvussa 5. Kun lähtötiedot on määritetty ohjelmaan, suoritetaan energia- ja olosuhdesimulointi. Energia- ja olosuhdesimuloinnin tulokset ovat tarkasteltavissa ohjelmassa, tai ne voi vaihtoehtoisesti tulostaa.

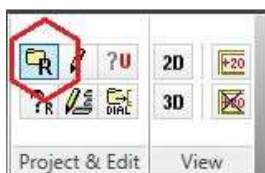
Riuska-ohjelmalla pystyy tarkastelemaan energiasimuloinnin jälkeen rakennuksen energiankulutusta, E-lukua, lämmityksen mitoitustehoa sekä lämpöhäviöiden määräysten mukaisuuden. Laskentatuloksia voi tulostaa taulukoiksi Microsoft Excel -ohjelmalle. Huonelämpötilan pysyvyyttä voi tarkastella ohjelmalla olosuhdesimuloinnin jälkeen. Tulosten tarkastelu ja tulostaminen on esitetty luvussa 5.

4 Tietomallin luonti arkkitehti- ja rakennesuunnitelmista

Tässä luvussa esitetty tietomallin luontiohje on tehty suomalaisen Progman Oy:n kehittämään MagiCAD Room -ohjelmaan.

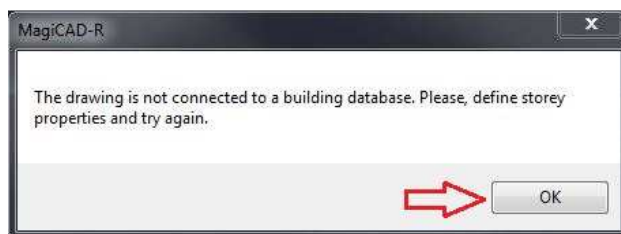
4.1 Projektin perustaminen

Projektin perustamiseksi täytyy ensin tallentaa DWG-tiedosto. Tiedoston tallentamisen jälkeen avataan MagiCAD Room -valikosta Project management -työkalu (kuva 3). Projektin hallintatyökalu aukeaa, kun tiedostolle on määritetty projektitiedosto. Projektin hallintatyökalusta käytetään tässä työssä nimitystä projektityökalu.



Kuva 3. MagiCAD Room -valintakuvakkeet, korostettuna on projektityökalun valintakuvake.

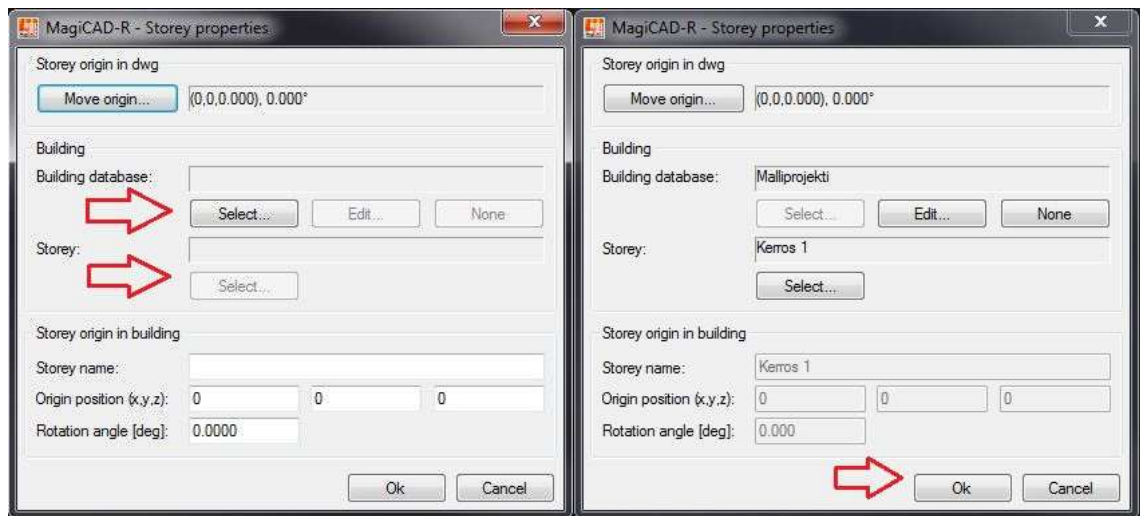
Ennen projektitiedoston määrittämistä ohjelma muistuttaa projektitiedoston puuttumisesta. Muistutukseen (kuva 4) on painallettava OK-painiketta.



Kuva 4. Ohjelman muistutus projektitiedoston puuttumisesta.

Edellä mainittujen vaiheiden jälkeen aukeaa kerroksen ominaisuuksien valintaikkuna (Storey Properties), jossa valitaan tiedostolle ensin projektitiedosto (kuva 5, kohta Building database). Projektitiedoston tiedostomuoto on MRD (esimerkiksi malliprojekti.MRD). Kun projektitiedosto on valittu, määritetään sen jälkeen aktiivinen kerros (kuva 5, kohta Storey). Tässä malliprojektissa valittiin aktiiviseksi kerrokseksi kerros 1. Aktiivisen kerroksen voi myös vaihtaa myöhemmin, joten sen valinnalla ei tässä vaiheessa

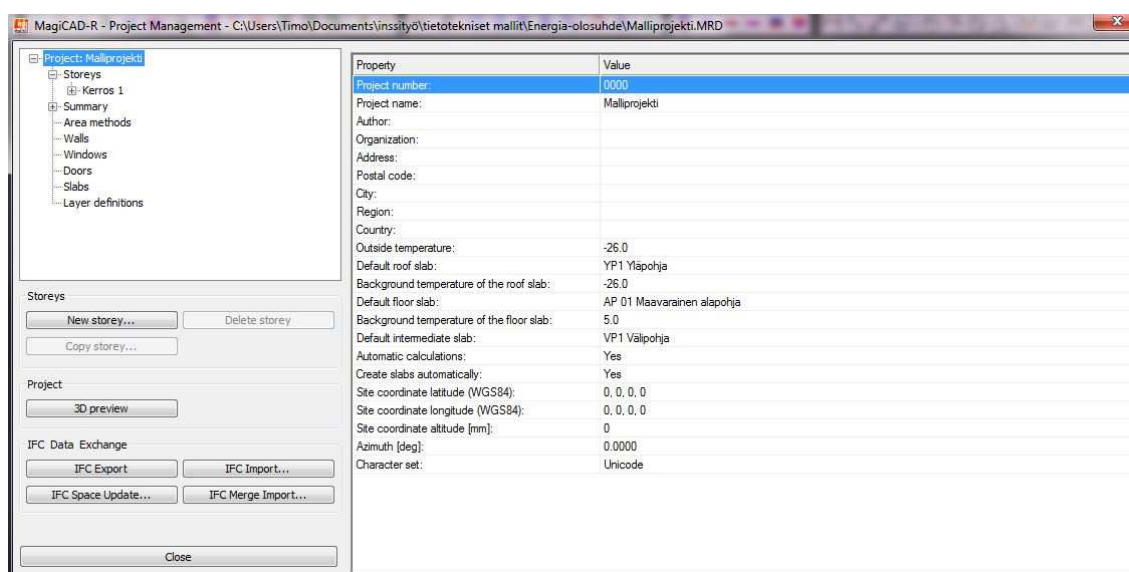
ole suurta merkitystä, mutta valinta on kuitenkin pakollinen jotta projektin tietoja pääsee muokkaamaan. Lopuksi vahvistetaan valinnat painaltamalla Ok-painiketta.



Kuva 5. Projektitiedoston ja kerroksen valintaikkuna.

4.2 Projektin tietojen määrittäminen

MadiCAD Room -ohjelman projektin tietoja pääsee määrittämään painaltamalla projektityökalun kuvaketta (kuva 3). Projektityökalun kuvakkeen painaltamisen jälkeen aukeaa kuvan 6 projektityökalun perusnäkö, jossa muokataan projektin tietoja. Projektityökalun vasemmassa yläreunassa olevaa ikkunaa kutsutaan tässä työssä päävalikoksi. Päävalikosta valitaan haluttu aihepiiri muokattavaksi painaltamalla aihepiirin nimen kohdalta kerran, jolloin valittu aihepiiri muuttuu aktiiviseksi. Kun päävalikosta on valittu aihepiiri aktiiviseksi, tulevat siihen liittyvät tiedot näkyviin suureen oikeanpuoleiseen ikkunaan.



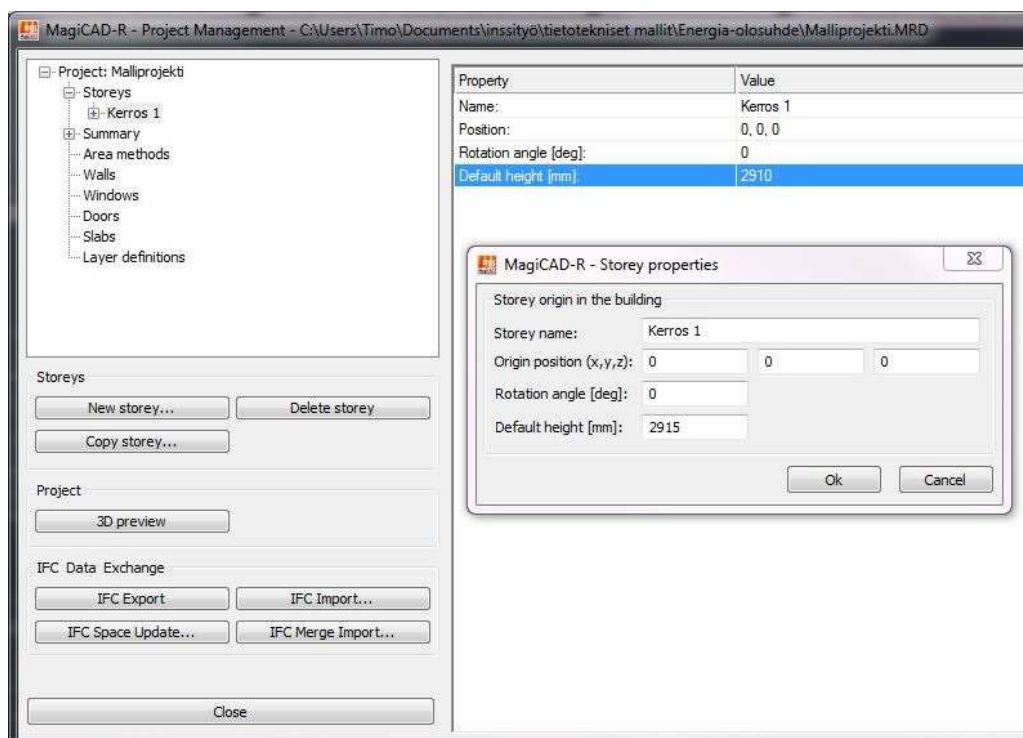
Kuva 6. Projektityökalun perusnäkö.

Kaikki tietomallin objektien ja rakenteiden tiedot kannattaa muokata projektitiedostoon ennen piirtämisen aloittamista, jotta piirtäminen arkkitehtimallia pohjana käyttäen onnistuu sujuvasti. Valmiiksi piirretystä tietomallista objektien tietojen muokkaaminen on hidasta, sillä tietomallin muokkaustyökalun ollessa auki ei objektien tietoja pysty juuriin muokkaamaan. Rakenteiden ja objektien tietoja pystyy muokkaamaan kokonaisvaltaisesti ainoastaan projektityökalussa. Rakenteiden ja objektien muokkausta on käsitelty tarkemmin luvussa 4.3.6 Tietomallin objektien muokkaustyökalujen käyttäminen.

4.2.1 Kerroskorkotietojen määrittäminen projektitiedostoon

Kerroskorkotietojen määrittäminen (kuva 7, Storey properties) avataan valitsemalla ensin projektityökalun päävalikosta muokattavaksi haluttava kerros painaltamalla kerroksen nimen kohdalta ja tämän jälkeen tuplapainalluksella oikean puoleisen ikkunan tekstien kohdalta. Kerroksen huoneiden sisätilan korkeus kirjataan kohtaan Default height. Sisätilan korkeus katsotaan rakennuksen leikkauspiirustuksista. Sisätilan korkeus on välipohjan tai yläpohjan laatan alareunan etäisyys lattiapintaan. Kuvan 7 esimerkkitapauksessa huoneen sisätilan korkeus on 2 915 millimetriä.

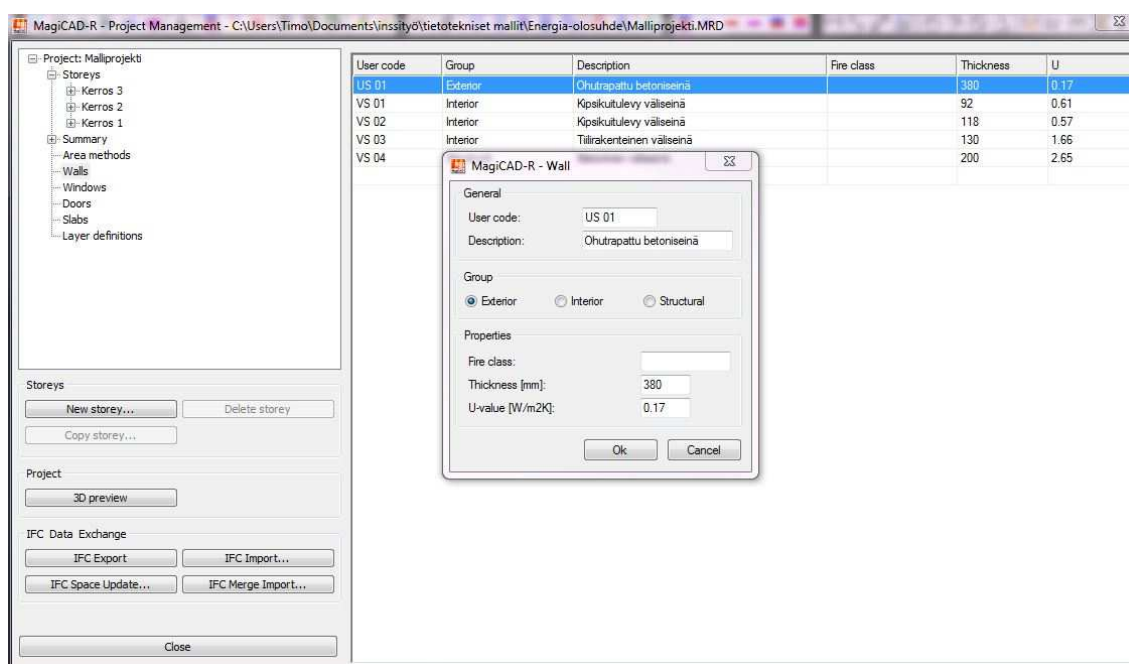
Kerrosorigo sijoitetaan x- ja y-suunnassa asemaan 0. Z-suuntainen (korkeusasema) kerrosorigon asema määräytyy kerroksen korkosijainnin mukaan. Kuvan 7 esimerkkitapauksessa kyseessä on ensimmäinen kerros, joten kerrosorigon asema on korkeussuunnassa 0. Mikäli tietomallin luonnissa käytetään absoluuttista korkeusasemaa, annettaisiin korkeussuuntaiseksi kerrosorigon asemaksi arkkitehtisuunnitelmissa määritetty kerroksen lattiapinnan absoluuttinen korkotieto. Esimerkiksi jos kerroksen lattian korkeusasema olisi +22.00 m, olisi tällöin korkeussuuntainen kerrosorigon asema 22 000.



Kuva 7. Kerroskorkotietojen määrittäminen projektitiedostoon.

4.2.2 Seinärakenteiden määrittäminen projektitiedostoon

Seinien rakenteiden muokkausikkunan avaamiseksi tulee projektityökalun päävalikosta valita kohta Walls (kuva 8) aktiiviseksi, jonka jälkeen muokkausikkunan voi avata tuplapainalluksella sen hetkisen rakennetiedon kohdalta. Muokkausikkunan voi avata myös hiiren toista painiketta painaltamalla, jonka jälkeen avautuvasta valikosta valitaan kohta properties. Mikäli projektiin halutaan lisätä uusia rakenteita, valitaan edellä mainitusta avautuvasta valikosta kohta Add.



Kuva 8. Seinärakenteiden määrittäminen projektitiedostoon.

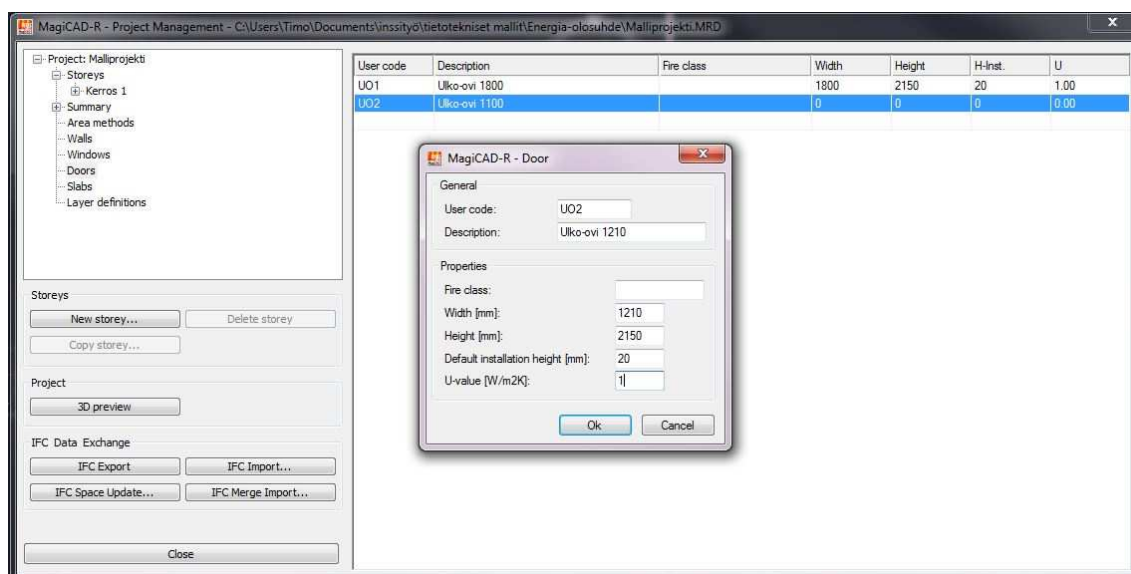
Muokkausikkunan User code -kenttään kannattaa vaihtaa rakennesuunnitelmien mukainen tunnus, jolloin tietomallin piirtäminen on selkeämpää. Mikäli tietomallin objekteja muokataan myöhemmin, on muokkaaminen helpompaa, jos seinäobjekteilla on rakennesuunnitelmia vastaavat tunnuksat. Kuvassa 8 on esitetty esimerkkirakennuksen ulkoseinän tiedot muokkausikkunaan valmiiksi määritettynä. Tässä esimerkkitapauksessa ulkoseinän tunnus on US 01. Description-kenttään on suositeltavaa lisätä rakenteen kuvaus, tässä esimerkkitapauksessa ulkoseinän rakenne on ohutrapattu betoniseinä.

Muokkausikkunan Group-kohdassa valitaan rakenteen tyyppi. Valittavana on ulkoseinä (Exterior), väliseinä (Interior) tai kantava rakenne (Structural). Properties-kohdassa määritetään rakenteen paksuus (Thickness) sekä rakenteen U-arvo (U-value). Myös

rakenteen paloluokan voi määrittää, mutta se ei ole oleellinen tieto energialaskennan kannalta. Tässä esimerkkitapauksessa ulkoseinän rakenteen paksuus on 380 mm ja U-arvo 0,17 W/m²K. Esimerkkikohteen kaikki rakenteet on esitetty liitteen 1 taulukossa. Seinärakenneluettelosta kannattaa poistaa sellaiset rakenteet, joita rakennuksessa ei käytetä.

4.2.3 Oviobjektien määrittäminen projektitiedostoon

Ovien muokkausikkunan avaamiseksi tulee projektityökalun päävalikosta valita kohta Doors aktiiviseksi (kuva 9), minkä jälkeen muokkausikkunan voi avata tuplapainalluksella valmiina olevan oviobjektin kohdalta tai vaihtoehtoisesti hiiren toista painiketta painaltamalla avautuvasta valikosta valitsemalla kohdan Properties. Mikäli projektiin halutaan lisätä uusia oviobjekteja, valitaan edellä mainitusta avautuvasta valikosta kohta Add.



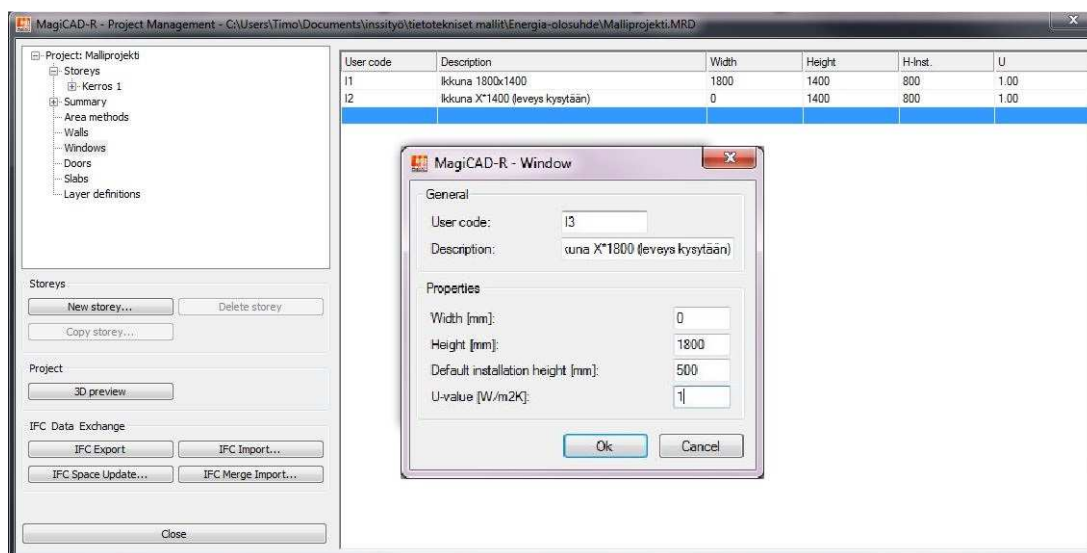
Kuva 9. Oviobjektien määrittäminen projektitiedostoon.

Muokkausikkunan User code -kenttään kannattaa määritellä arkkitehdin määrittelemä tunnus sekä Description-kenttään kuvaus oven tyypistä. Kuvassa 9 on esitetty esimerkkitapauksen kapeamman ulko-oven tiedot, eli oven tunnus on esimerkkitapauksessa UO2. Kuvaukseen kannattaa kirjoittaa oven tyypin (kuvan 9 esimerkissä ulko-ovi) lisäksi oven leveys. Kun oven leveys on lisätty kuvaukseen, on tietomallia piirtäessä helpompaa valita oikeankokoinen ovi, mikäli seinään lisättävän oven leveys on mitattu arkkitehtipohjasta.

Muokkausikkunan kohdassa Properties määritettävät perustiedot ovat oven leveys (Width), korkeus (Height), U-arvo (U-value) sekä lisäksi on mahdollisuus määrittää oven asennuskorkeus (Default installation height). Asennuskorkeus määräytyy ovialueen alareunan ja lattiapinnan välisestä erotuksesta. Projektissa tarpeettomat ovet kannattaa poistaa luettelosta, jottei tietomallia piirtäessä tule sekaannuksia tarpeellisten ja tarpeettomien oviobjektien välillä.

4.2.4 Ikkunaobjektien määrittäminen projektitiedostoon

Ikkunoiden muokkausikkunan avaamiseksi tulee projektityökalun päävalikosta valita kohta Windows aktiiviseksi, minkä jälkeen muokkausikkunan (kuva 10) voi avata tuplapainalluksella valmiina olevan ikkunaobjektin kohdalta tai vaihtoehtoisesti hiiren toista painiketta painaltamalla avautuvasta valikosta valitsemalla kohdan properties. Mikäli projektiin halutaan lisätä uusia ikkunaobjekteja, valitaan edellä mainitusta avautuvasta valikosta kohta Add. Ikkunaobjektien tunnukset kannattaa määrittää yleisimmistä ikkunatyyppistä harvinaisempaan (tai mikäli ikkunoille on arkkitehtisuunnitelmissa määritetty tunnus, käytetään vaihtoehtoisesti sitä tunnusta). Yleisimmin esiintyvälle ikkunatypille annetaan näin ollen tunnuksiksi I1.



Kuva 10. Ikkunaobjektien määrittäminen projektitiedostoon.

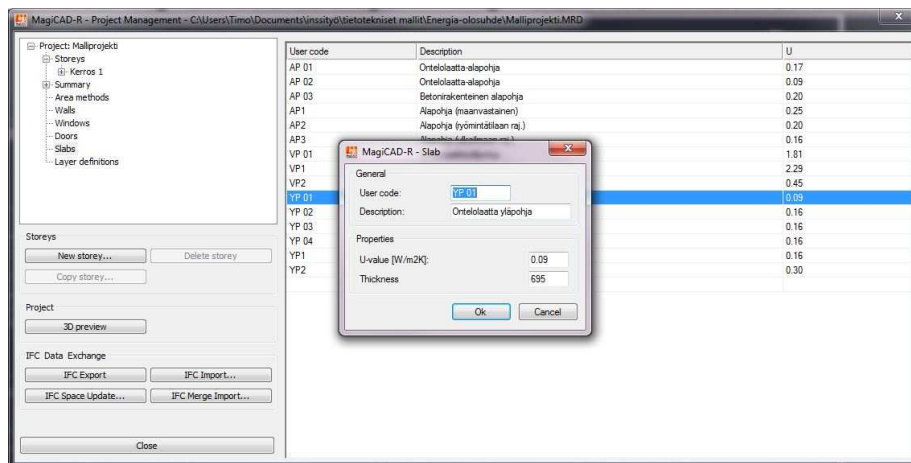
Usein rakennuksissa on muutamia niin sanottuja peruskokoisia ikkunoita, mutta yhdessä kohteessa voi olla myös paljon erikokoisia ikkunoita. Peruskokoiset ikkunat kannattaa määritellä tässä vaiheessa tarkasti, eli määritetään ikkunaobjektille annettavat tie-

dot täsmällisesti Properties-kohtaan (määritetään ikkunalle leveys, korkeus, asennuskorkeus ja U-arvo). Asennuskorkeus määräytyy ikkunan alareunan etäisyydestä lattiapinnan tasoon. Ikkunan kuvaukseen kannattaa vakiokokoisille ikkunaobjekteille lisätä ”ikkuna”-merkinnän lisäksi ikkunan mittatiedot, esimerkiksi muodossa leveys kertaa korkeus, eli vaikkapa esimerkiksi Ikkuna 1800 x 1400. Ikkunan mittatietojen kirjaaminen kuvaukseen helpottaa tietomallin piirtovaiheessa ikkunoiden tyyppin valintaa ikkunaobjekteja lisättäessä.

Rakennuksessa harvemmin esiintyvistä ikkunatyypeistä kannattaa etsiä keskenään yhteisiä piirteitä. Esimerkiksi jos rakennuksessa on useita ikkunoita, joiden korkeus ja asennuskorkeus ovat samat, mutta leveys vaihtelee, kannattaa vain korkeus, asennuskorkeus sekä U-arvo määritellä. Tällaisessa tapauksessa leveys jätetään määrittelemättä, eli leveyden arvoksi määritetään 0 (kuva 10). Tällöin ohjelma kysyy tietomallin piirtovaiheessa ikkunan leveyden erikseen aina kun objektia lisätään tietomalliin. Ikkunan kuvaukseen kannattaa kirjoittaa tällöin esimerkiksi X kertaa korkeus, eli esimerkiksi kuvan 10 esimerkin mukaisesti: X x 1400 (leveys kysytään).

4.2.5 Vaakarakenteiden tietojen määrittäminen projektitiedostoon

Vaakarakenteiden (ylä-, ala- ja välipohjat) muokkausikkunan avaamiseksi tulee projektityökalun päävalikosta valita kohta Slabs aktiiviseksi (kuva 11), minkä jälkeen muokkausikkunan voi avata tuplapainalluksella valmiina olevan laattaobjektin kohdalta tai vaihtoehtoisesti hiiren toista painiketta painaltamalla avautuvasta valikosta valitsemalla kohdan Properties. Mikäli projektiin halutaan lisätä uusia laattaobjekteja, valitaan edellä mainitusta avautuvasta valikosta kohta Add. Laattaobjektille määritellään rakennesuunnitelmien mukainen tunnus, kuvaus rakenteesta, rakenteen U-arvo sekä rakenteen paksuus. Kuvassa 11 on esitetty esimerkkikohteen yläpohjan laattaobjektin tietojen määrittäminen.



Kuva 11. Vaakarakenteiden tietojen määrittäminen projektitiedostoon.

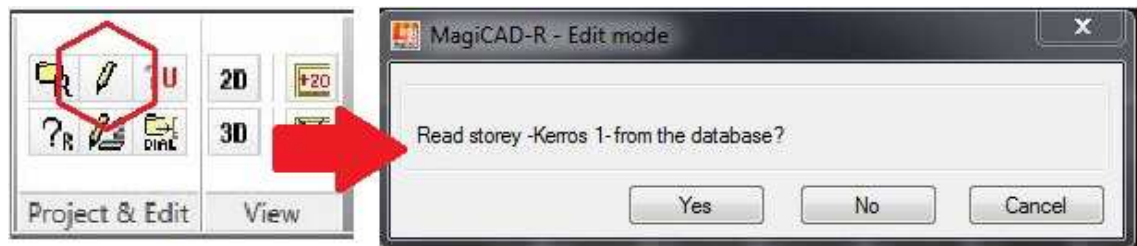
4.3 Tietomallin objektien luonti ja muokkaaminen

Ennen tietomallin objektien luontia ja muokkaamista on valittava muokattavaksi haluttu kerros aktiiviseksi. Aktiiviseksi valitun kerroksen valinta on voimassa toisen kerroksen aktiiviseksi vaihtamiseen asti. Esimerkiksi jos ensimmäinen kerros on valittu aktiiviseksi mutta välillä poistutaan muokkaustilasta muuttamaan projektitietoja, ei kerrosvalintaa tarvitse tehdä uudestaan muokkaustilaan takaisin siirryttäessä. Aktiivisen kerroksen valinta tehdään kerroksen ominaisuuksien valintaikkunassa, jonka valintakuvake on korostetusti merkitty kuvassa 12. Kuvaketta painaltamalla aukeaa kuvan 5 kerroksen ominaisuuksien valintaikkuna, jonka kohdasta Storey valitaan aktiivinen kerros.



Kuva 12. Kerroksen ominaisuuksien muokkaustyökalun valintakuvake.

Tietomallin muokkaustyökalun (Edit Storey) valintakuvake on korostettuna kuvassa 13. Muokkaustyökalun valinnan jälkeen ohjelma kysyy vahvistusta aktiiviseksi valitun kerroksen tietomallin muokkaamiselle. Mikäli vahvistuksessa ei ole se kerros, jota halutaan muokata, on valinta peruutettava ja oikea kerros vaihdettava aktiiviseksi.



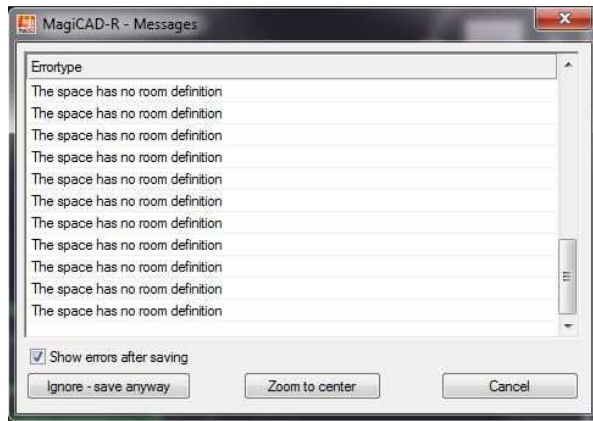
Kuva 13. Muokkaustyökalun valintakuvake ja valinnan vahvistuskysymys.

Vahvistuskysymyksen hyväksymisen jälkeen avautuu muokkaustyökalupalkki, joka on esitetty kuvassa 14. Muokkaustoiminto valitaan painaltamalla halutun muokkaustoiminnon kuvaketta.



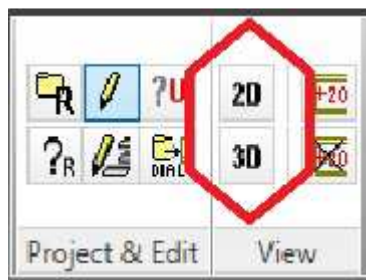
Kuva 14. Muokkaustyökalupalkki.

Muokkaustilasta poistuttaessa on aina tallennettava tehty muutos painaltamalla muokkaustyökalupalkin tallennuskuvaketta (save, calculate and update texts), jotta tietomalliin tehdyt muutokset tallentuvat projektitiedostoon. Mikäli tietomalliin huoneille ei ole vielä luotu määritystä (room definition), ohjelma muistuttaa siitä viestillä (kuva 15). Tällaisessa tapauksessa tietomalliin voi tallentaa ilman huoneiden määritystäkin, sillä huonemääritykset tehdään myöhemmin. Tietomalliin huonemääritysten tekeminen on esitetty luvussa 4.3.7. Tallennuksen jälkeen muokkaustilasta poistutaan joko painaltamalla palkin kuvakkeesta (close edit mode) tai sulkemalla palkki oikean yläkulman ikkunan-sulkemispainikkeesta.



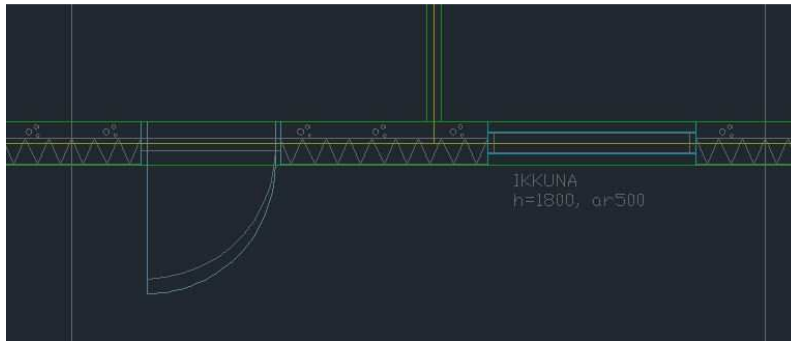
Kuva 15. Tallennusvaiheen huomautus tilojen määrittysten puuttumisesta.

Tietomallia voi muokata 2D- tai 3D-näkymässä. Näkymän valintakuvakkeet on esitetty kuvassa 16 korostettuina.



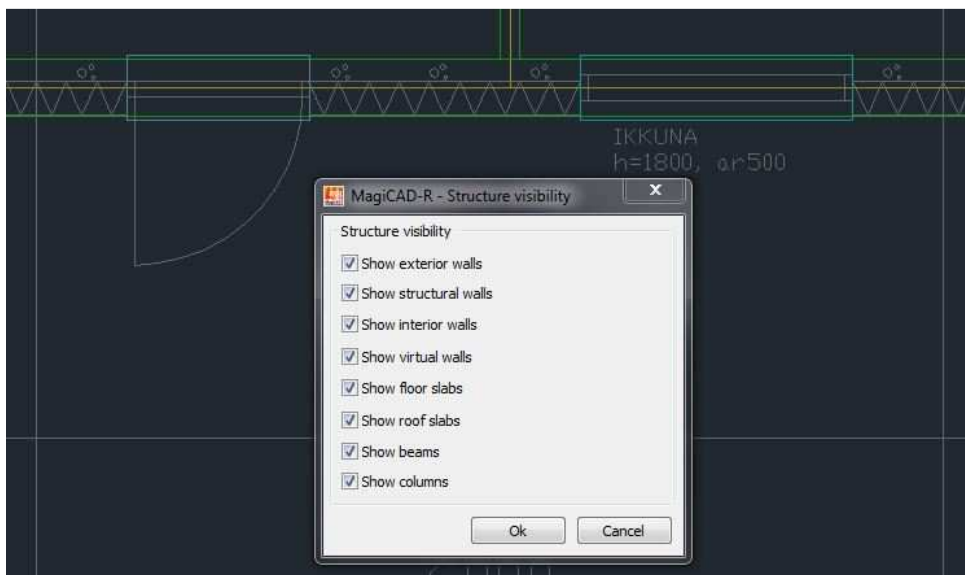
Kuva 16. 2D- ja 3D-näkymien valintakuvakkeet.

Muokkaustyökalun ollessa aktiivisena, tietomallin näkymää ei voi vaihtaa. Muokkaustilasta on poistuttava, mikäli näkymää halutaan muuttaa tietomallin muokkauksen yhteydessä. Kuvassa 17 on esitetty näkymä tietomallista ylhäältä päin 2D-näkymässä. 2D-näkymässä tilamallin ovien aukeamissuunta on nähtävillä, ja lisäksi kaikki seinien objektit ovat seinän paksuisia.



Kuva 17. 2D-näkymä tilamallista kohtisuoraan ylhäältä.

Kuvassa 18 on esitetty 3D-näkymä kohtisuoraan ylhäältä. Seinien objektit näkyvät tällöin hieman seinää paksumpina suorakulmioina, joista esimerkiksi tietomalliin määritetty oven avautumissuunta ei näy. Kuvassa 18 on esitetty myös 3D-näkymää avattaessa avautuva valintaikkuna, jossa voi määritellä, mitä objekteja halutaan 3D-näkymässä näytettävän.



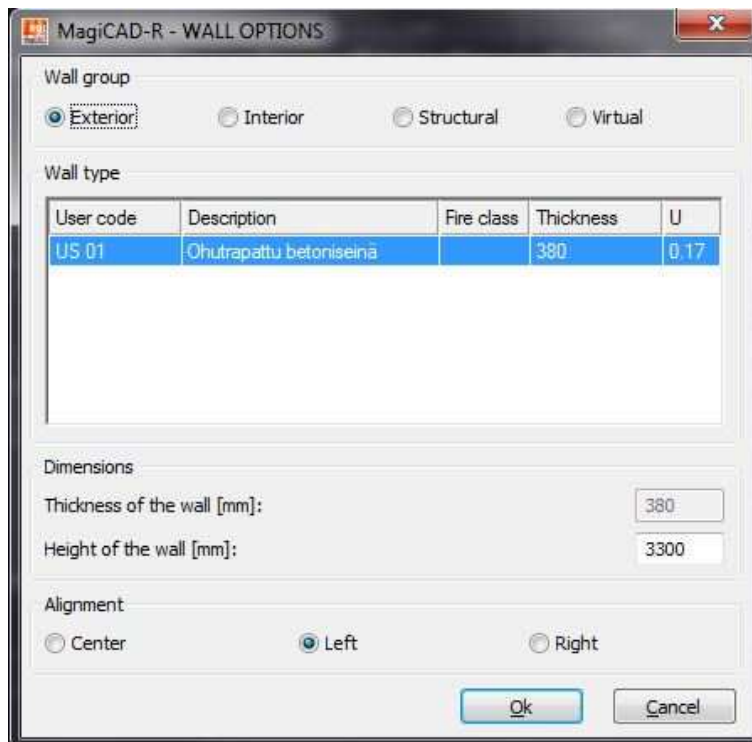
Kuva 18. 3D-näkymä tietomallista kohtisuoraan ylhäältä.

4.3.1 Arkkitehtipohjakuvien lisääminen tietomalliin

Arkkitehtipohjakuvien lisääminen tapahtuu tavallisen suunnitteluprojektin tapaan kaikkien kerrosten osalta koordinaatistossa samaan kohtaan (useimmiten kohtaan 0,0,0). Piirrettäessä tietomallia on muiden paitsi piirrettävän kerroksen arkkitehtipohjakuva suljettava.

4.3.2 Seinien piirtäminen tietomalliin

Seinän piirtotyökalu valitaan aktiiviseksi painaltamalla muokkaustyökalupalkin seinäpiirtokuvaketta (Draw wall). Piirrettävän seinän tyyppi kannattaa valita ennen piirtämistä. Piirrettävän seinätyypin pääsee valitsemaan, kun painaa hiiren toista painiketta ja valitsee kohdan options, jolloin aukeaa seinätyypin valintaikkuna (kuva 19).



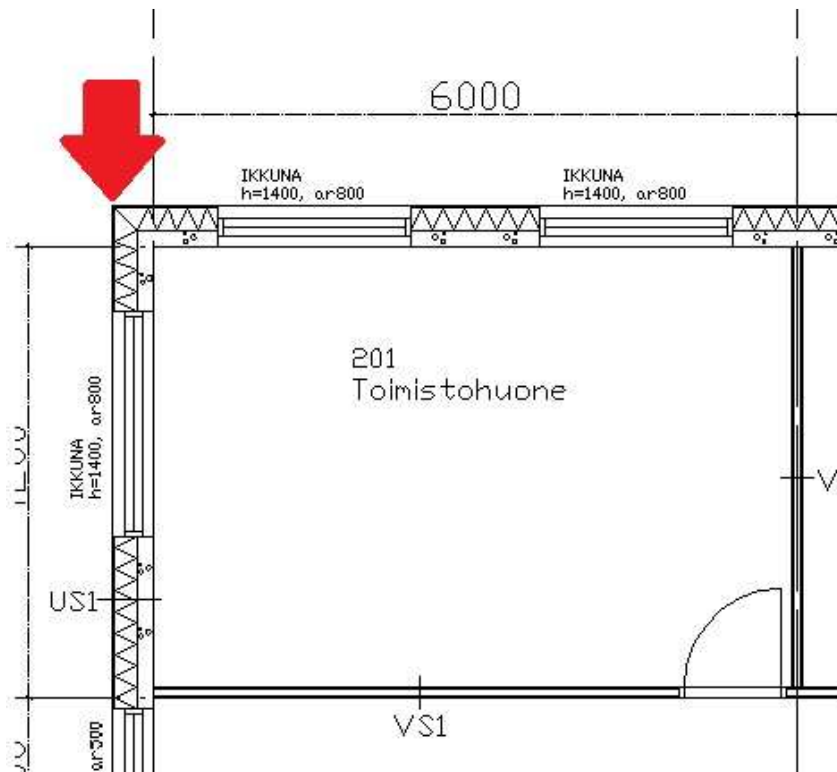
Kuva 19. Tietomalliin piirrettävän seinätyypin valinta.

Ennen seinän varsinaista piirtämistä määritetään seinän tyyppi kohtaan Wall Goup, minkä jälkeen valintaikkunasta voi valita halutun seinärakennetyypin. Seinän paksuus määräytyy automaattisesti projektitiedostossa olevan valmiiksi määritetyn seinärakenteen mukaiseksi. Seinän korkeus tulee määrittää kohtaan Height of the wall. Aligment-kohtaan määritetään seinän piirron aloituskohta. Esimerkiksi valitsemalla kohdan Left aktiiviseksi seinää piirrettäessä, muodostuu seinän vasen reuna hiiren painalluksilla määritettyyn linjaan.

Ulkoseinät

Ulkoseinien piirto on helpointa arkkitehtipohjan ulkoseinien ulkoreunaa pitkin Object snap -toimintoa käyttäen. Kuvan 20 esimerkkitaupauksessa on esitetty ulkoseinän piir-

ron aloituspaikka nuolella. Mikäli aktiiviseksi piirron aloituskohdaksi on määritetty seinätyypin valintaikkunassa kohta Left, kierretään rakennus myötäpäivään arkkitehtipohjien ulkokulmien mukaisesti. Ulkoseinien korkeudeksi määritetään rakennuksen kerrosten lattiapintojen välinen etäisyys (kerroskorkeus), jolloin piirretty ulkoseinä muodostaa useampia kerroksia piirrettäessä yhtenäisen ulkovaipan tietomalliin.



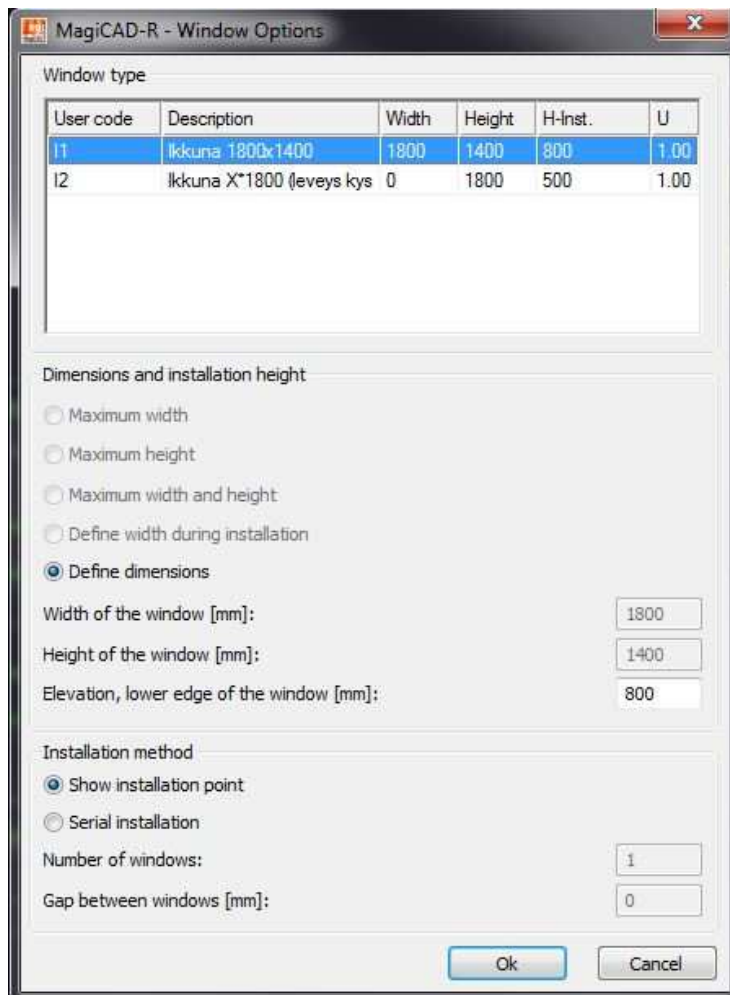
Kuva 20. Ulkoseinän piirron aloituspaikka.

Väliseinät

Väliseinät kannattaa piirtää seinätyyppien mukaan järjestyksessä, esimerkiksi yleisimmästä harvinaisimpaan. Tällä tavoin säästää aikaa, sillä aktiivista seinätyyppiä ei tarvitse jatkuvasti vaihtaa seinätyypin valintaikkunassa. Piirtämisessä kannattaa käyttää hyödyksi Object snap -toimintoa. Väliseinät kannattaa piirtää seinän reunaa pitkin. Mikäli rakennuksessa on paljon samanmuotoisia tiloja, kannattaa piirtää ensin valmiiksi yksi mallihuone, jota voi kopioida. Mikäli kopioitavissa huoneissa on yhtäläisiä piirteitä, esimerkiksi ovet ovat samalla kohdalla kaikissa huoneissa, kannattaa nämä havaitut yhtäläisyydet lisätä kopioitavaan huoneeseen ennen sen kopiointia.

4.3.3 Ikkunoiden lisääminen tietomalliin

Ikkunoiden lisäämiseksi tietomalliin tulee seinän olla piirrettynä valmiiksi. Ikkunoiden lisääminen tietomalliin aloitetaan painaltamalla muokkaustyökalupalkista ikkunan lisäämisen kuvaketta (install window), jolloin työkalu tulee aktiiviseksi. Tietomalliin lisättävän ikkunatyypin pääsee valitsemaan, kun painattaa hiiren toista painiketta ja valitsee kohdan Options, tällöin aukeaa ikkunatyypin valintaikkuna (kuva 21).



Kuva 21. Tietomalliin lisättävän ikkunan tietojen määrittäminen.

Window type -kohdassa valitaan haluttu ikkunatyyppi. Tarkemmat määitykset ikkunan asennukseen ja mittoihin valitaan kohdassa Dimensions and installation height. Mikäli ikkunalle on määritetty vakiokoko, eli korkeus ja leveys on jo määritetty projektitiedostoon aiemmin, ei tässä vaiheessa niitä pysty muokkaamaan. Jos leveydeksi tai korkeudeksi on valittavalle ikkunatyypille määritetty projektitiedostoon arvo 0, tässä vaiheessa

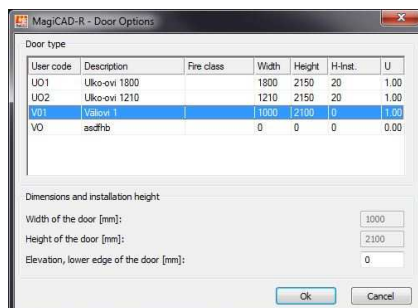
niille voi antaa halutun arvon. Ikkunan asennuskorkeus (ikkunan alareunan etäisyys lattiapintaan) määritetään aina ikkunantyyppin valintaikkunassa.

Kerralla lisättävien ikkunoiden määrää voi muuttaa kohdasta Installation method (kuva 21). Valitsemalla Serial installation -valinnan aktiiviseksi, voi lisättävien ikkunoiden määrää (kohta Number of windows) muokata. Kerralla lisättävien ikkunoiden välinen etäisyys määritetään kohtaan Gap between windows. Useamman ikkunan lisääminen kerralla nopeuttaa piirtoa, mikäli samanlaisia ikkunoita on paljon vierekkäin samalla etäisyydellä toisistaan.

Lisättävän ikkunan leveyden voi määrittellä vasta ikkunaa lisättäessä, mikäli kohta Define width during installation on valittuna aktiiviseksi ja ikkunan leveydelle on annettu projektitiedostossa arvo 0. Tällöin vain ikkunan korkeus ja asennuskorkeus määritetään ikkunantyyppin valintaikkunassa. Ikkunan leveys määritetään painaltamalla hiirellä arkkitehtipohjan mukaisia ikkunan leveyssuuntaisia reunoja, jolloin ohjelma automaattisesti tulkitsee painallusten etäisyyden toisistaan ikkunan leveydeksi. Object snap -toimintoa kannattaa hyödyntää ikkunan leveyttä määrittäessä.

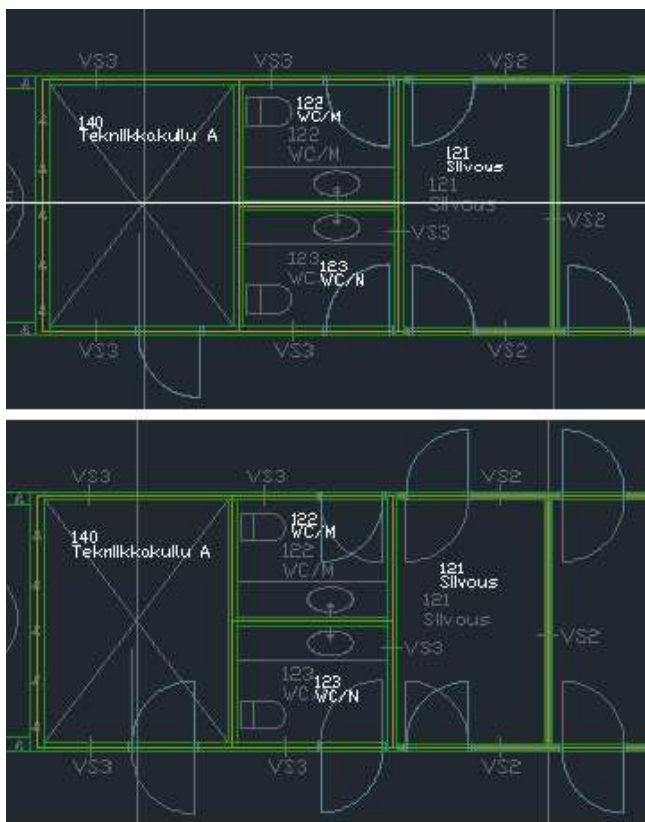
4.3.4 Ovien lisääminen tietomalliin

Seinien tulee olla piirrettynä valmiiksi, jotta ovia pystyy lisäämään tietomalliin. Ovien lisäämiseksi valitaan ovien lisäystyökalu aktiiviseksi valitsemalla muokkaustyökalupalkista kohta Install door. Ovien lisääminen tapahtuu hyvin pitkälti samalla tavalla kuin ikkunoiden lisääminen. Tietomalliin lisättävän oven tiedot määritetään ennen oven lisäämistä oven tietojen valintaikkunassa. Lisättävän oven pääsee määrittelemään painaltamalla hiiren toista painiketta ja valitsemalla kohdan Options. Ovityypin valintaikkuna on esitetty kuvassa 22.



Kuva 22. Tietomalliin lisättävän oven valintaikkuna.

Ovia piirrettäessä määritetään oville käsisyys. Käsisyyden määrittäminen ei ole olennainen tieto energialaskennassa, sillä laskentaohjelma käyttää hyödykseen vain oviaukon kokoa sekä oven U-arvoa. Ovien käsisyyden määrittäminen selkeyttää kuitenkin arkkitehtipohjakuvien mukaista tietomallin luontia, sillä mikäli tietomallia piirretään 2D-näkymässä, näkyvät arkkitehtipohjan sekä tietomallin ovet tällöin päällekkäin oikeilla paikoilla. Jos ovien käsisyyksiä ei määritetä arkkitehtipohjakuvien mukaisesti, on tietomallia 2D-näkymässä piirrettäessä näkymä oikein piirrettyä epäselvempi. Käsisyydet on määritelty esimerkkikuvassa 23 yläpuolella arkkitehtipohjakuvien mukaisesti, alapuolella ovien käsisyydet ovat satunnaisesti laitettuja. 3D-näkymässä käsisyyksillä ei ole väliä, sillä ovet näkyvät suorakulmioina.



Kuva 23. Esimerkkikuva käsisyyden valinnan vaikutuksista 2D-näkymään.

Lisättävän oven käsisyys määritetään oven sijainnin valinnan jälkeen. Kuvassa 24 on esitetty oven käsisyyden valinta. Ensimmäin painalletaan mihin tahansa seinän kohtaan, jolloin hiiren osoitin lukittuu valittuun kohtaan (vasemman reunan kuva). Tämän jälkeen osoitetaan hiiren osoittimella haluttuun oven avautumissuuntaan, eli arkkitehtipohjakuvan mukaisesti oven kaaren suuntaan (keskimmäinen kuva), minkä jälkeen hiiren painalluksella varmistetaan oven avautumissuunnan valinta. Viimeinen vaihe on oven si-

jainnin määrittäminen seinään. Oven keskikohta tulee hiiren osoittimen näyttämään kohtaan halutulle seinälle (oikean reunan kuva). Kun ovi on halutulla paikalla, hiiren painalluksella lukitaan oven sijainti paikalleen.



Kuva 24. Oven lisääminen tietomalliin.

4.3.5 Vaakasuuntaiset rakenteet tietomallin luonnissa

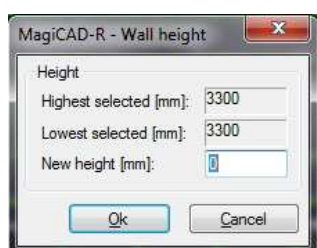
Vaakasuuntaiset rakenteet, eli ylä-, ala- ja välipohjat, muodostuvat tietomalliin ohjelman toimesta automaattisesti projektitiedostoon määritettyjen aktiivisten tyyppien mukaan. Alapohjaobjekti muodostuu projektitiedostoon määritetyn alimman kerroksen lattiakoron alapuolelle. Välipohjaobjekti muodostuu projektitiedostoon määritetyn ylempien kerrosten lattiapinnan koron alapuolelle. Yläpohjaobjekti muodostuu ylimmän kerroksen ulkoseinien yläreunan koron mukaan siten, että yläpohjaobjektin yläreunan korko on sama kuin ulkoseinäobjektin yläreunan korko.

4.3.6 Tietomallin objektien muokkaustyökalujen käyttäminen

Tietomallin objekteja voi poistaa Delete-näppäintä käyttämällä, mutta tällöin voi poistaa vain kokonaisia seinäobjekteja. Mikäli tietomallista halutaan poistaa seinäobjekti, häviää tietomallista myös poistetun seinän ikkuna- ja oviobjektit. Mikäli tietomallista halutaan poistaa ovi- tai ikkunaobjekteja, tulee ne poistaa poistotyökalulla. Poistotyökalun saa aktiiviseksi muokkaustyökalupalkin kuvaketta (Erase MagiCAD Room object) painaltamalla. Poistotyökalun ollessa aktiivisena objekti poistetaan tietomallista painaltamalla objektin kohdalla kerran.

Seinäobjektien muokkaamiseen on kolme erilaista työkalua; seinäobjektin venytys- ja liikuttamistyökalu (Stretch or move wall), seinäobjektin korkeuden muokkaustyökalu (Change wall height) sekä seinäobjektin katkaisutyökalu (Set wall joint (break wall)). Kun venytys- ja liikuttamistyökalu on valittu aktiiviseksi, pystyy tietomallin seinäobjektia venyttämään pidemmäksi tai liikuttamaan seinäobjektia. Seinäobjektin venyttämiseksi

hiiren osoitin viedään seinäobjektin päädyn kohdalle, jolloin hiiren painalluksella saa seinäobjektin venytystoiminnon käyttöön. Seinäobjektin liikuttamiseksi on painallus tehtävä mistä tahansa muusta seinäobjektin osasta paitsi päädyistä. Kun seinäobjektin korkeuden muokkaustyökalu on valittu aktiiviseksi, valitaan painalluksilla muokattavaksi halutut seinäobjektit, jonka jälkeen Enter-näppäintä painamalla avautuu seinän korkeuden muokkausikkuna (kuva 25), johon uusi haluttu korkeustieto määritetään. Seinäobjektin katkaisutyökalulla voi katkaista seinäobjektin hiiren painalluksella halutusta kohdasta, jonka jälkeen katkaistu seinäobjekti muuttuu kahdeksi seinäobjektiksi.



Kuva 25. Seinäobjektin korkeuden muokkausikkuna.

Ikkuna- ja oviobjekteja voi liikuttaa niiden liikuttamistyökalulla (Move door or window). Kun työkalu on valittu aktiiviseksi, valitaan hiiren painalluksella seinäobjektista haluttu ikkuna- tai oviobjekti, jonka jälkeen objektin uusi sijainti seinässä määritetään hiiren painalluksella.

4.3.7 Huonemääritysten tekeminen tietomalliin

Huonemääritysten tekemiseksi on valittava aktiiviseksi huonemääritystyökalu (Define room) muokkaustyökalupalkista. Kun huonemääritystyökalu on valittu aktiiviseksi, valitaan määritettävä huone yhdellä hiiren painalluksella huoneen kohdalta, jolloin avautuu kuvassa 26 esitetty huonemääritystietojen valintaikkuna. Kaikki määritettävän huoneen seinät tulee olla piirrettynä valmiiksi, jotta huonemäärittelyn pystyy tekemään.

The screenshot shows the 'MagiCAD-R - Room' dialog box with the following settings:

- Room:**
 - User code: 113
 - Room name: Toimistohuone
 - Note: (empty text area)
 - Room height [mm]: 2915
 - Area (gross/net)[m²]: 13.6 / 11.9
 - Room volume (gross/net)[m³]: 39.6 / 34.8
- Ventilation:**
 - By manual values:
 - Supply airflow [l/s]: 24 [m³/h]: 86
 - Extract airflow [l/s]: 24 [m³/h]: 86
 - Primary flow for automatic values:
 - By area (selected):
 - Supply airflow [l/s, m²]: 2.0 [m³/h, m²]: 7.2
 - By times per hour:
 - Supply airflow [l/h]: 2.5
 - Extract airflow by percent of supply: 100
 - Air exchange rate [1/h]: 0.10
- Temperatures:**
 - Temperature setpoint for heating [°C]: 21.0
 - Supply air temperature [°C]: 21.0
 - ☒ Transfer air temperature = outside temperature
 - Transfer air temperature [°C]: -26.0
- Roof Slab Exception:**
 - Roof slab: -
 - Area coverage from room area [%]: 0
 - ☐ Use outside temperature
 - Background temperature [°C]: 0.0
- Floor Slab Exception:**
 - Floor slab: -
 - Area coverage from room area [%]: 0
 - Background temperature [°C]: 0.0
- Heat Loss:**
 - Total heat loss [W]: 294
 - ☐ Manual value
 - Manually given heat loss [W]: 0
 - Heat loss analysis... button

Buttons: Ok, Cancel

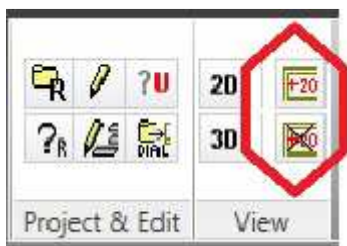
Kuva 26. Huonemäärittystietojen valintaikkuna.

User code -kenttään määritetään arkkitehtisuunnitelmien mukainen tilatunnus. Room name -kohtaan lisätään huoneen tyypin kuvaus. Huonekorkeudeksi ohjelma asettaa automaattisesti projektitiedostoon huonetilan sisäkorkeudeksi asetetun arvon. Ilmastoinnin ilmavirrat, lämmityksen lämpötilarajat sekä tuloilman lämpötila määritetään dynaamisessa laskentaohjelmassa myöhemmin. Mikäli huoneen vaakarakenteissa on poikkeamia, ne voi lisätä prosentiosuuksina kohtiin Roof Slab Exception sekä Floor Slab Exception.

Huonemäärittäykset kannattaa tehdä tietty huonetyyppi kerrallaan, sillä kun yhden huoneen tiedot on määrittänyt ja hyväksynyt, pysyy työkalu edelleen aktiivisena. Kun heti perään valitaan painalluksella toinen huone, ohjelma ehdottaa sille valmiiksi samoja tietoja kuin edelliselle huoneelle, joten mikäli tekee vaikkapa useamman toimistohuoneen huonemäärittäykset peräkkäin, ei huonemäärittäysten tietojenmäärittäysikkunaan tarvitse muuttaa kuin huoneen tunnus. Huonemäärittäyksen tietoja pääsee muuttamaan tuplapainalluksella huonemäärittäyksen tekstin kohdalta.

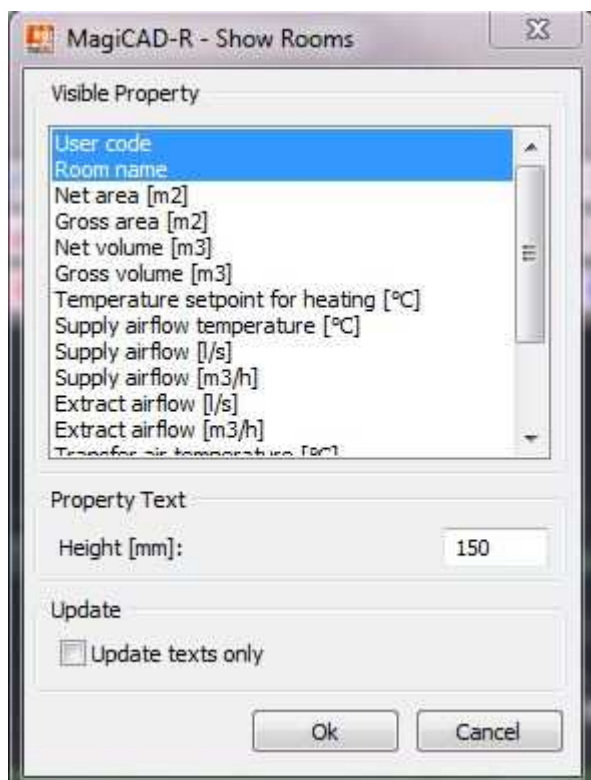
Huonetietojen näkyminen tietomallinnusvaiheessa

Tietomallin näkymässä näkyviä huonetietoja voi muokata kuvan 27 korostetuista kuvakkeista. Ylempää kuvaketta (Show Room Objects) painaltamalla aukeaa kuvan 28 Show Rooms -valintaikkuna.



Kuva 27. Tietomallissa näkyvien huonetietojen valintakuvakkeet.

Valintaikkunassa voi määritellä ne tiedot jotka halutaan näkyviin tietomallin näkymään mallinnusvaiheessa. Mikäli Room-objektit ovat olleet piilotettuina, palautuvat ne samalla näkymään. Kuvan 27 alemmaa korostettua kuvaketta painaltamalla Room-objektit menevät piiloon näkymästä.

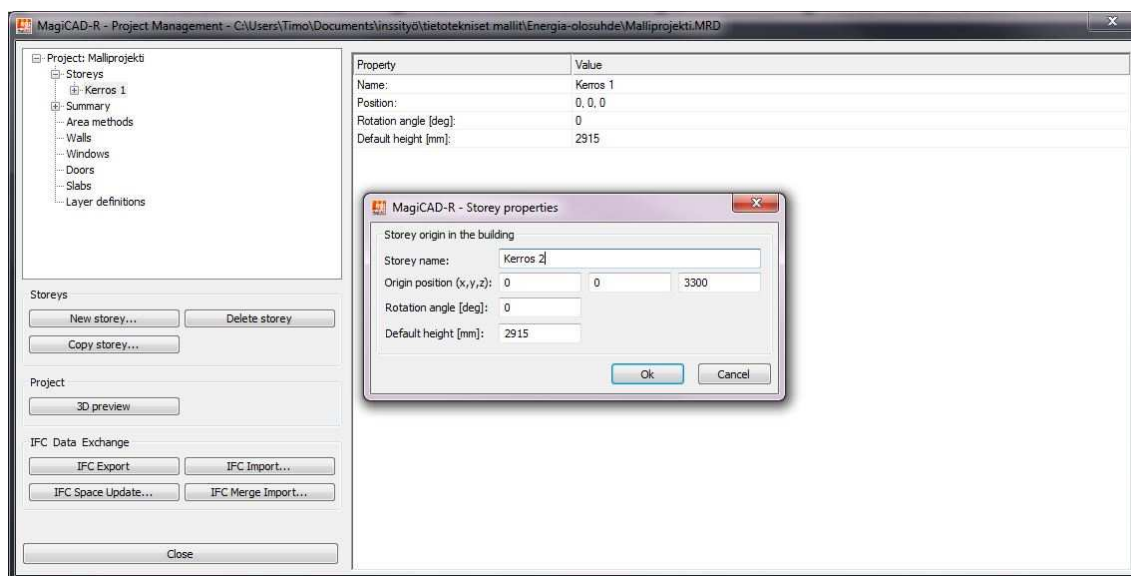


Kuva 28. Huonetietojen näkymisen valintaikkuna.

4.4 Tietomallin kerrosten kopiointi

Kun yhden kerroksen tietomalli on valmis, kannattaa sitä hyödyntää muiden kerrosten tekemisessä. Käytännössä järkevin tapa tehdä tietomalli monikerroksiselle rakennukselle on tehdä yksi kerros valmiiksi ja kopioida sitä. Kerroksia kopioimalla säästää aikaa, varsinkin jos eri kerrosten huonejaot ovat keskenään yhteneväiset. Vaikka huonejaot eivät olisikaan yhteneväiset keskenään, kannattaa silti valmista kerrosta kopioida, sillä ulkoseinät sekä usein myös ikkunat sijaitsevat kaikissa kerroksissa samassa paikassa.

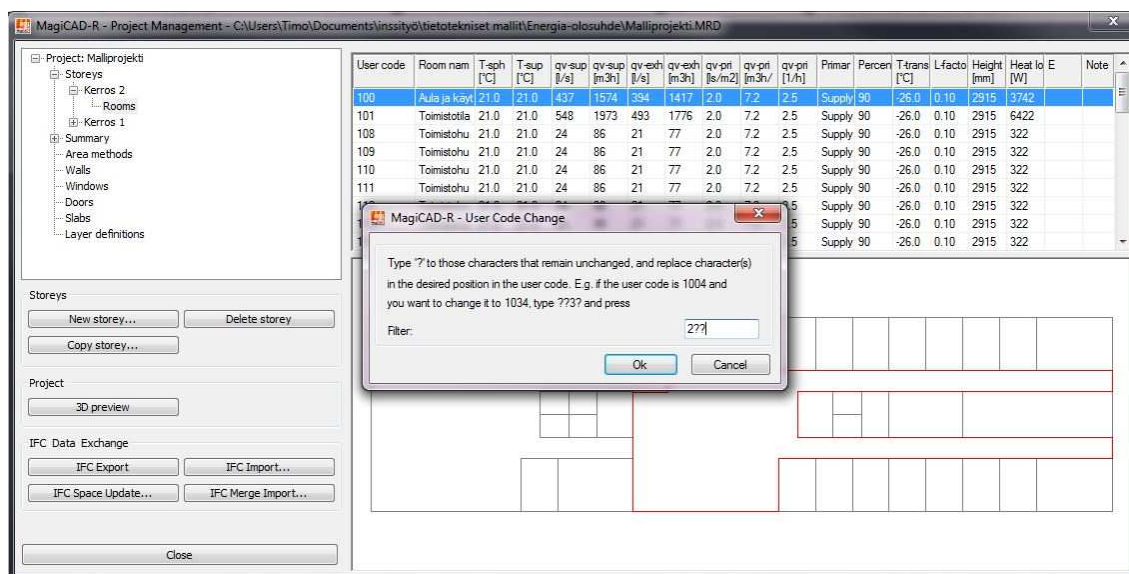
Kerroksen kopiointi tehdään projektityökalua käyttäen. Ensin valitaan aktiiviseksi kopioitava kerros päävalikosta, jonka jälkeen valitaan painalluksella Storeys-kohdasta kohta Copy storey, jolloin aukeaa kuvan 29 kerroskorkotietojen määrittysikkuna. Kuvan 29 esimerkkitapauksessa kopioidaan ensimmäinen kerros toiseksi kerrokseksi. Kerroskorkotietojen määrittysikkunaan määritetään kerroksen nimi (kuvan 29 esimerkkitapauksessa kerros 2), kerrosorigon sijainti sekä kerroksen sisäkorkeus.



Kuva 29. Projektityökalun kautta avattu kerroskorkojen määrittysikkuna.

Kerroskorkotietojen määrittysten hyväksynnän jälkeen aukeaa huonetunnusten muutosikkuna (User Code Change), joka on esitetty kuvassa 30. Mikäli huonetunnukset kopioitavissa kerroksissa ovat joiltain osin yhteneväiset, pystyy huonetunnusten muutosikkunassa valitsemaan säilytettävät ja muutettavat huonetunnusten tiedot. Kuvan 30 esimerkkitapauksessa ensimmäisen ja toisen kerroksen kolmen numeroisten huonetun-

nusten kaksi viimeistä numeroa ovat pääosin yhteneväiset molemmissa kerroksissa, joten tunnusten kaksi viimeistä numeroa säilytetään samana laittamalla niiden kohdalle kysymysmerkki. Kuvan 30 esimerkkitapauksen huonetunnusten ensimmäinen numero muuttuu kerroksen mukaan, eli toisen kerroksen tunnukset alkavat numerolla 2 (ensimmäisen kerroksen tunnukset numerolla 1), joten se määritetään huonetunnusten muutosikkunaan. Huonetunnusten muutosikkunan kenttään kirjoitetaan kuvan 30 esimerkkitapauksessa 2??, jolloin huonetunnukset muuttuvat siten, että tunnusten kaksi viimeistä numeroa pysyy samana kuin ensimmäisessä kerroksessa, mutta ensimmäinen numero muuttuu yhdestä kahdeksi.

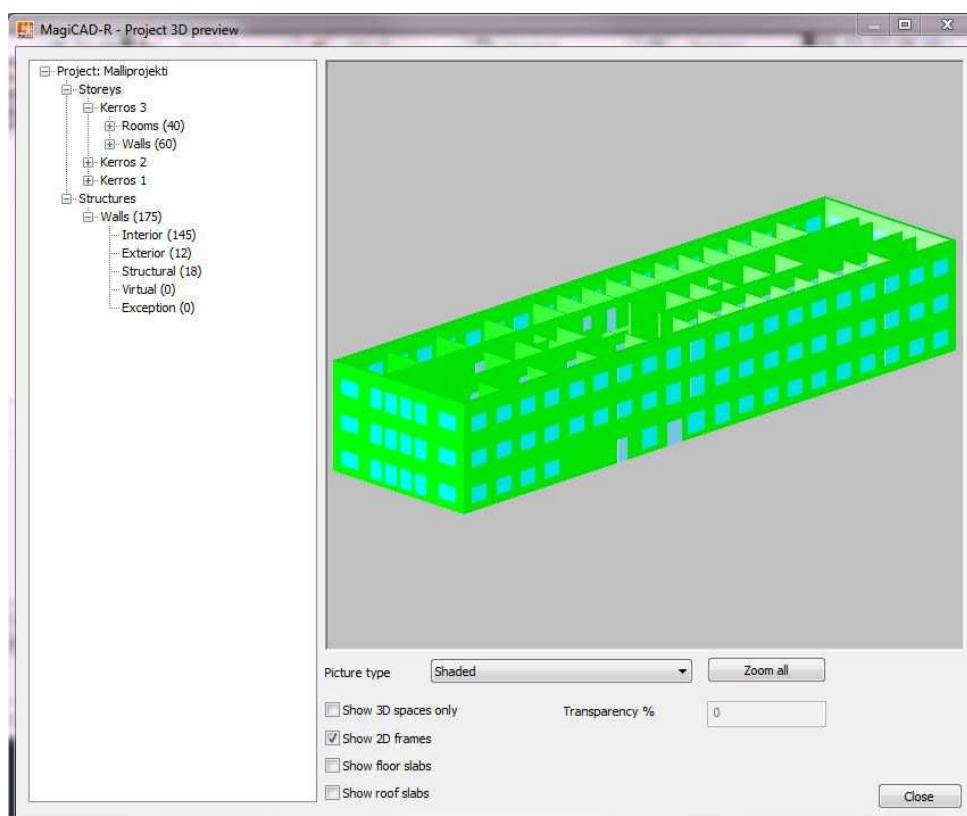


Kuva 30. Huonetunnusten muutosikkuna projektityökalussa.

Mikäli huonejaot eivät täsmää kerrosten välillä, voi kopioidun kerroksen arkkitehtipohjaan nähden epäsoyvät huonemääritykset ja väliseinät poistaa kokonaan kopiointin jälkeen ja piirtää sen jälkeen ulkoseinien sisäpuolelta kerroksen tietomalli uudestaan. Kantavat rakenteet, porraskäytävät, hissi- ja tekniikkakuilut sekä myös wc-tilat sijaitsevat toimistorakennuksissa usein samalla paikalla eri kerroksissa, joten kopioidun kerroksen tietoja poistettaessa kannattaa katsoa tarkasti, mitä tietoja on järkevää olla poistamatta.

4.5 Tietomallin esikatselu

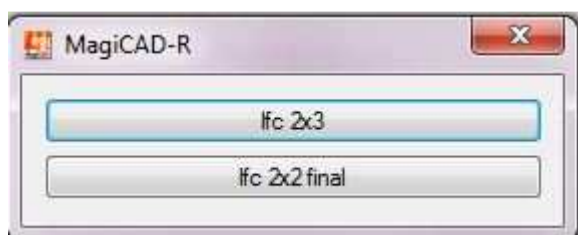
Tietomallin luonnin yhteydessä voi tarkastella tietomallin valmistumisen kokonaisuuden kehitystä Project management -työkalun 3D-esikatselutoiminnolla (3D preview). Erityisesti tietomallin kerrosten kopioinnin jälkeen kannattaa tarkistaa esikatselunäkymässä, että kerrokset asettuvat mallissa oikein korkeussuunnassa. Kuvassa 31 on esitetty esimerkkitapauksen tietomallin 3D-esikatselunäkymä ilman vaakasuuntaisia rakenteita. 3D-esikatselutilassa voi valita näkymän kerroksittain, huoneittain tai seinätyypin mukaan valitsemalla halutun näkymän ikkunan vasemman reunan valikosta. 3D-näkymän alapuolelta voi valita näkymän tyyppin sekä vaakarakenteiden näkymisen esikatselunäkymässä. Selkeimmän yleiskuvan tietomallista saa valitsemalla kuvan tyyppiä näkymän alapuolisesta valikosta Shaded-vaihtoehdon.



Kuva 31. Esimerkkikohteen 3D-esikatselunäkymä.

4.6 Valmiin tietomallin muuntaminen IFC-muotoon

Valmis tietomalli muunnetaan IFC-muotoon Riuska-ohjelmalla tehtävää dynaamista energialaskentaa varten. Tietomallista tehdään IFC-tiedostomuotoinen kopio samaan kansioon MagiCAD Room -projektitiedoston kanssa. Tiedosto muunnetaan IFC-tiedostomuotoon valitsemalla projektityökalun perusnäkökuvan vasemmassa reunassa olevan IFC Export -kohdan. IFC Export -kohdan valitsemalla aukeaa kuvan 32 tiedostomuodon valintaikkuna, josta valitaan vaihtoehto 2x3.



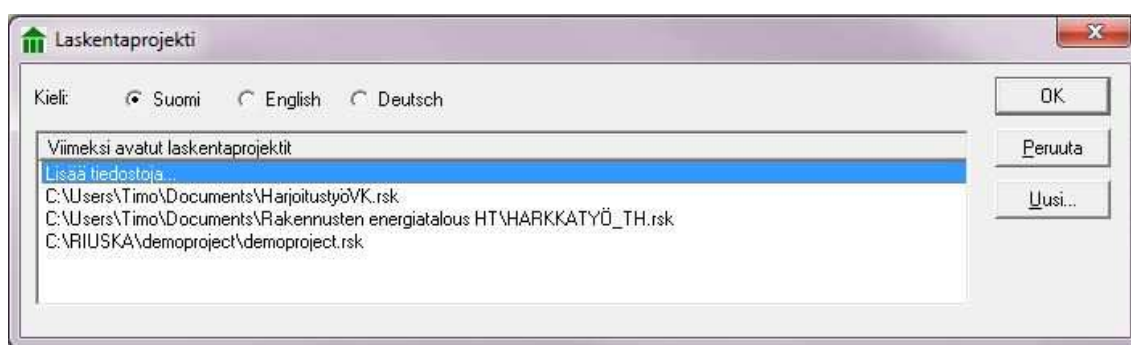
Kuva 32. IFC-tiedostomuodon valinta.

5 Dynaamisen energialaskennan suorittaminen Riuska-ohjelmalla

Dynaamisen energialaskennan ohje on tehty Granlund Oy:n kehittämään Riuska-ohjelmaan, jota markkinoidaan MagiCAD-ohjelmistojen ohessa myös nimellä MagiCAD Comfort & Energy. Tässä työssä ohjelmasta käytetään nimeä Riuska.

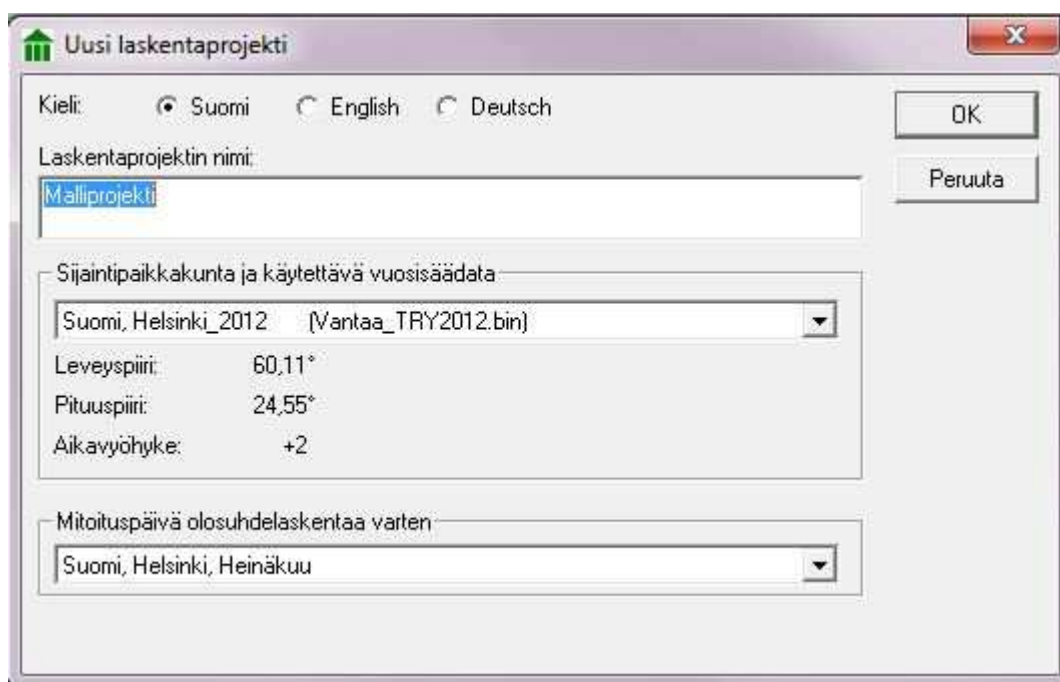
5.1 Projektin perustaminen ja tietomallin tuominen ohjelmaan

Riuska-ohjelman avatessa ohjelma kysyy ensimmäisenä käyttäjätunnuksen. Käyttäjätunnuksen antamisen ja hyväksymisen jälkeen avautuu laskentaprojektin valintaikkuna (kuva 33), josta valitaan kohta uusi. Mikäli jatketaan jo aiemmin aloitettua laskentaprojektia, valitaan se viimeksi avattujen laskentaprojektien valikosta. Laskentaprojektin valintaikkunassa voi valita ohjelman käyttökielen.



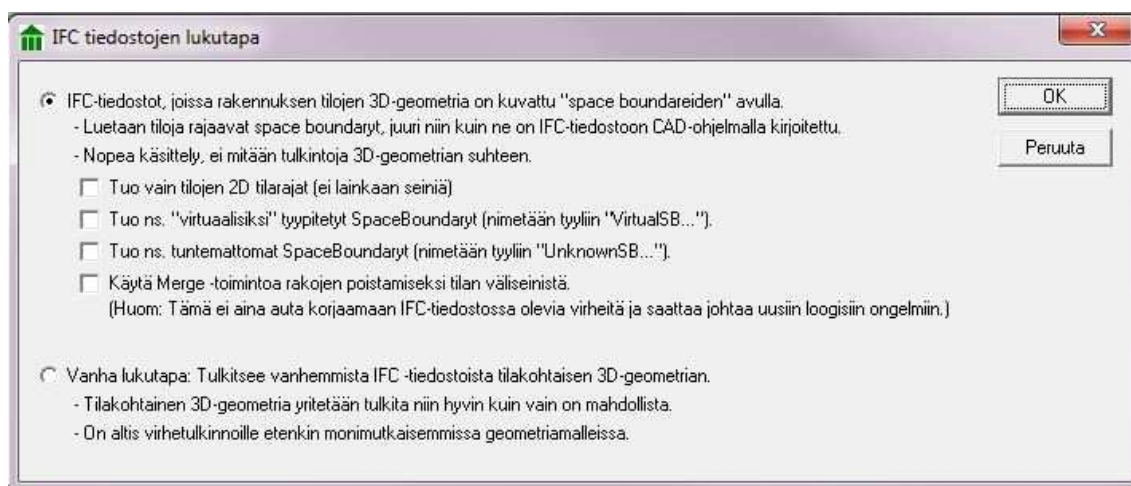
Kuva 33. Laskentaprojektin valintaikkuna.

Kun Riuska-ohjelman projektitiedosto on tallennettu, aukeaa kuvassa 34 esitetty Uusi laskentaprojekti -ikkuna automaattisesti. Tässä vaiheessa määritetään laskentaprojektin nimi, käytettävät säätiedot sekä mitoituspäivä. Energialaskennassa käytetään vuosisäädätana aina säävyöhykkeen 1 eli Helsinki-Vantaan säätietoja [5, s. 2].



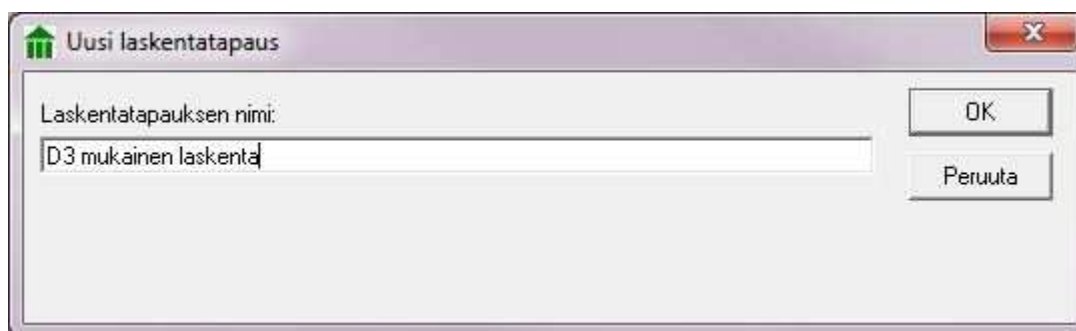
Kuva 34. Laskentaprojektissa käytettävien säätietojen ja nimen valinta.

Säätietojen määrittämisen jälkeen aukeaa automaattisesti ikkuna IFC tiedostojen lukutapa (kuva 35). Mikäli tietomalli on tehty uudemmalla kuin MagiCAD Room 2008.11 -versiolla kannattaa valita ylempi vaihtoehto, jossa tilojen 3D-geometria on kuvattu tilarajojen (spaceboundaries) avulla. Mikäli tietomallin luonnissa on käytetty vanhempaa MagiCAD Room -versiota, joka ei luo tilarajoja, käytetään tällöin vanhempaa lukutapaa [8, s. 2 ja 3].



Kuva 35. IFC-tiedoston lukutavan valintaikkuna.

IFC-tiedoston lukutavan valinnan jälkeen määritetään vielä automaattisesti aukeavaan ikkunaan laskentatapauksen nimi. Kuvassa 36 esitetyssä esimerkkikohteen tapauksessa ensimmäisenä lasketaan RakMk D3:n mukainen standardikäytön energialaskenta, joten laskentatapauksen nimeksi valittiin D3:n mukainen laskenta, joka kuvaa hyvin suoritettavaa laskentaa. Laskentatapauksen nimi kannattaa miettiä laskentatapausta riittävästi kuvaavaksi. Mikäli toinen henkilö jatkaa kesken jäänyttä energialaskentaa, on selkeästi nimetyistä laskentatapauksista helpompi selvittää, mitä kussakin laskentatapauksessa on laskettu.



Kuva 36. Laskentatapauksen nimen antaminen.

5.2 Rakennuksen standardoidun käytön mukaisten tietojen määrittäminen

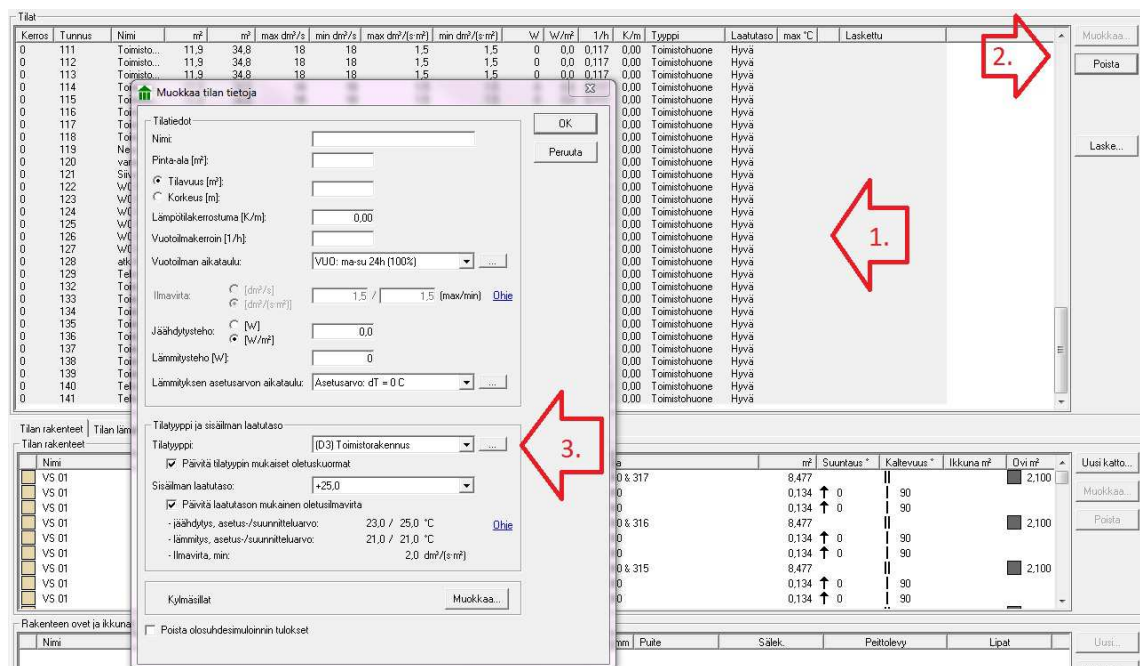
Riuska-ohjelmassa ei ole tallennuspainiketta. Riuska tallentaa tehtävää energialaskentaa jatkuvasti, joten energialaskentaa tehdessä ei tarvitse itse tallentaa tehtyjä muutoksia. Ohjelmassa ei ole peruutuspainiketta, joten mikäli laskennassa haluaa palata aiempaan tilanteeseen, täytyy muutetut tiedot muuttaa uudelleen vastamaan edellistä tilannetta.

5.2.1 Kirjastot

Kaikki laskennassa käytettävät perustiedot (rakenteet, ikkunat, aikataulut, tilatyypit, kuormat, energiamuodot ja energiamuotojen kertoimet) määritetään kirjastoihin. Tässä suunnitteluohjeessa ei määritetä tietoja suoraan kirjastoihin yläpalkissa olevaa Kirjastot-valikkoa käyttäen, vaan tehdään määrittäykset kulloistakin tapausta määritellessä. Perustiedot voi halutessaan määritellä kirjastoon ennen tilojen objektien määrittämisen aloittamista.

5.2.2 Tilatyypin ja sisäilman laatutason määrittäminen

RakMk D3:n mukaisen standardikäytön tilatyypin ja sisäilman laatutason laskenta-arvot ovat valmiina Riuskassa. Kuvassa 37 on esitetty tilatyypin ja sisäilman laatutason valinnan suorittaminen ohjelmalla. Ensimmäiseksi valitaan aktiiviseksi kaikki rakennuksen tilat, jolloin tilojen tietojen tekstin pohja muuttuu Tilat-ikkunassa siniseksi. Tilat kannattaa valita aktiiviseksi valitsemalla ensin ylin Tilat-ikkunassa oleva tila aktiiviseksi, minkä jälkeen ikkunan oikean reunan siirtymäpalkista (tai vaihtoehtoisesti hiiren schroll-toimintoa käyttäen) liikutaan alimman tilan kohdalle, minkä jälkeen painetaan Shift-näppäin pohjaan ja painalletaan hiirellä alimman tilan kohdalta. Kun kaikki tilat on valittu aktiiviseksi, valitaan Tilat-ikkunan oikealta puolelta kohta muokkaa (kuva 37, vaihe 2), jolloin avautuu tilatietojen muokkausikkuna. Tilatietojen muokkausikkunan kohtaan tilatyypin vaihdetaan alusvetovalikosta kohta (D3) toimistorakennus (kuva 37, vaihe 3). Valinta hyväksytään OK-painiketta painaltamalla.

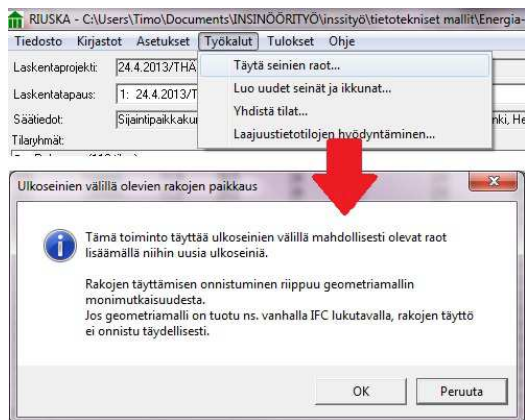


Kuva 37. Tilatyypin ja sisäilman laatutason määrittäminen.

5.2.3 Rakenteet

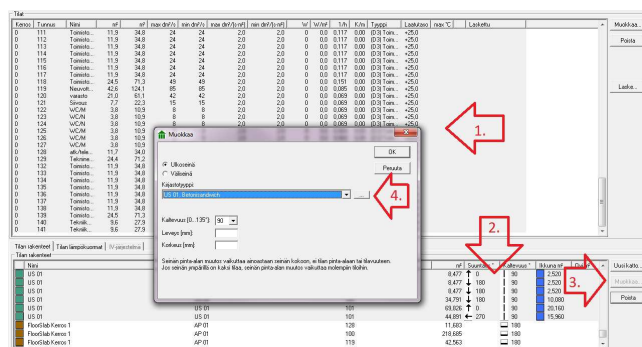
Rakennuksen tietomallin ulkoseiniin tulee väliseiniä kohdalle raot, kun malli tuodaan Riuskaan. Raot on täytettävä ennen laskentaa laskennan tulostarkkuuden parantamiseksi. Seinien rakojen täyttö on esitetty kuvassa 38. Työkalut-valikosta valitaan kohta

Täytä seinien raot, minkä jälkeen avautuvassa ikkunassa hyväksytään seinien rakojen täyttäminen.



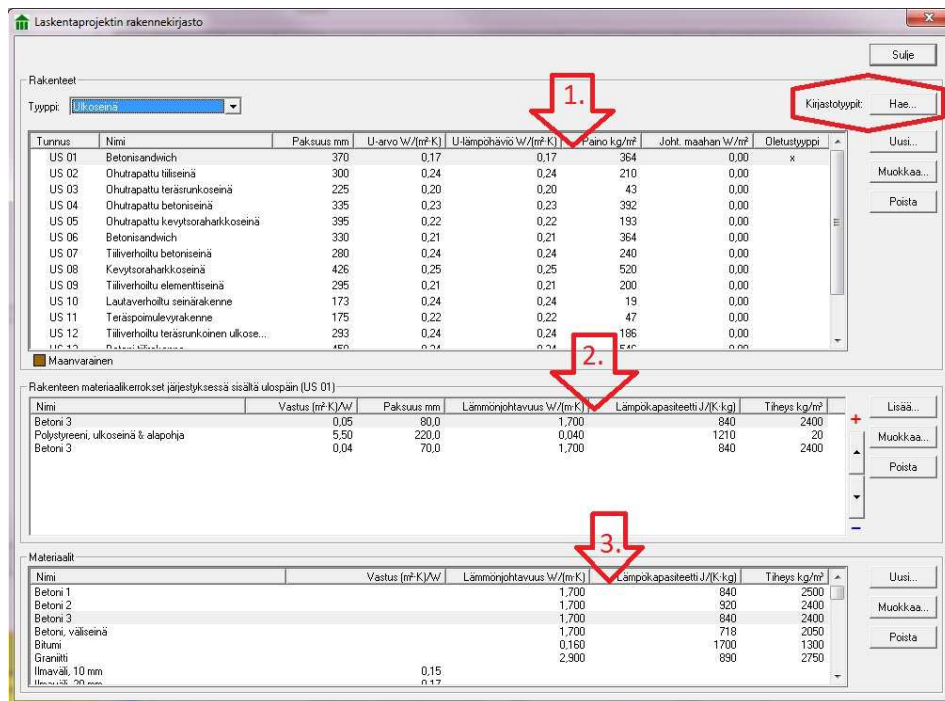
Kuva 38. Ulkoseinien rakojen täyttäminen.

Seinien rakojen täyttämisen jälkeen määritetään seinä- ja kattorakenteet ohjelmaan. Kuvassa 39 on esitetty määritettäviksi haluttujen rakenneobjektien valinta. Rakenteiden tietojen muokkaamiseksi valitaan aktiiviseksi kaikki huoneet Tilat-ikkunasta (kuva 39, 1. vaihe). Tämän jälkeen valitaan Tilan rakenteet -ikkunasta aktiiviseksi kaikki muokattavaksi haluttavan rakennetyypin rakenteet (kuva 39, 2. vaihe). Tietyn rakennetyypin aktiiviseksi valitsemiseksi kannattaa Tilan rakenteet -ikkunassa eri rakenteiden objektit järjestää kirjastotyyppin tai nimen mukaan siten, että muokattavaksi halutut rakenteet ovat peräkkäin luettelossa. Kun rakenneobjektit on järjestetty halutulla tavalla, on muokattavaksi haluttavat objektit helpompi valita kerralla shift-näppäintä valinnassa hyödyntäen. Esimerkiksi jos halutaan muokata koko rakennuksen ulkoseinäobjektien rakennetta, valitaan Tilan rakenteet -ikkunasta aktiiviseksi kaikki rakennuksen ulkoseinäobjektit.



Kuva 39. Määritettävien rakenneobjektien valinta.

Kun määritettäväksi halutut seinäobjektit on valittu, valitaan Tilan rakenteet -ikkunan oikealta puolelta hiiren painalluksella kohta muokkaa (kuva 39, 3. vaihe), jolloin aukeaa Muokkaa-ikkuna. Painaltamalla alasvetovalikon viereistä painiketta (kuva 39, 4. vaihe) aukeaa kuvassa 40 esitetty Laskentaprojektin rakennekirjasto -ikkuna. Rakennekirjastossa on valmiina ohjelman omat esimerkkirakennetyypit eli kirjastotyytit. Jos laskettavassa rakennuksessa on useita eri ulkoseinän rakennetyyppejä, kannattaa laskennassa käytettävien rakenteiden tunnuksina käyttää samoja tunnuksia kuin rakennesuunnitelmissa. Laskentaprojektin rakennekirjastossa ei voi olla kahta samalla tunnuksella olevaa seinätyyppiä, joten siitä kannattaa poistaa ylimääräiset kirjastotyytit, joita rakennuksen laskennassa ei käytetä. Kirjastotyyppien voi lisätä takaisin rakennekirjastoon kuvassa 40 korostetusta Hae-painikkeesta.



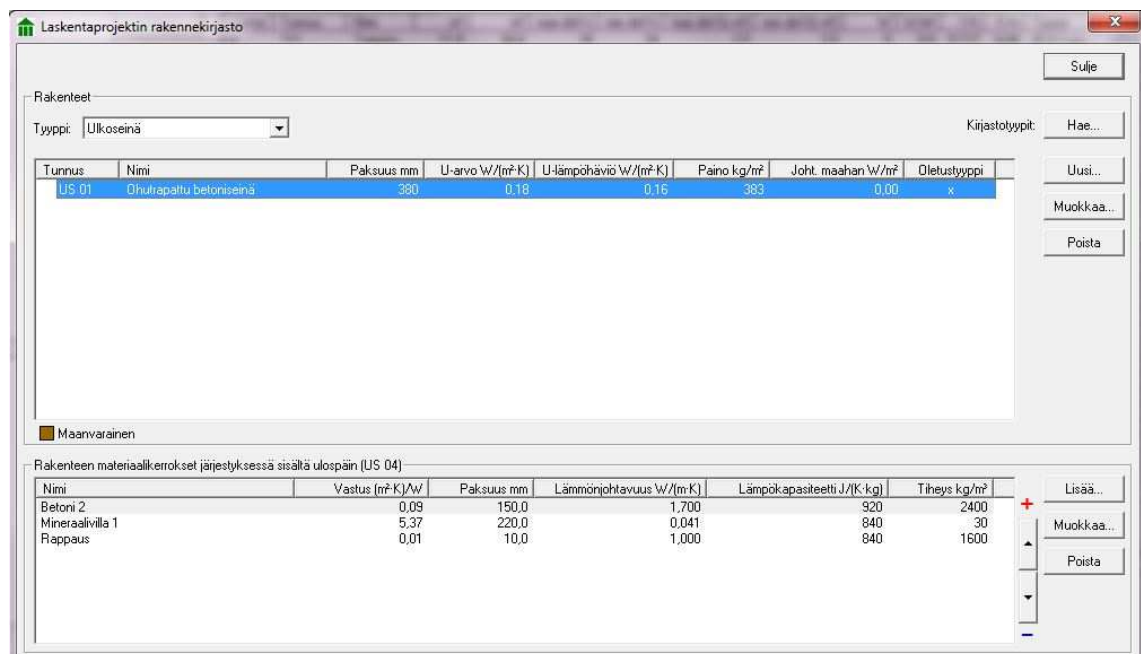
Kuva 40. Laskentaprojektin rakennekirjasto -ikkuna.

Rakennetyypin tietoja muokataan siten, että ensimmäiseksi valitaan aktiiviseksi muokattavaksi haluttu rakennetyyppi Rakenteet-valintaikkunasta (kuva 40, 1. kohta). Rakenteen nimen ja tunnuksen pääsee vaihtamaan tuplapainalluksella rakennetyypin kohdalta. Tämän jälkeen keskimmäiseen valintaikkunaan tulee aktiiviseksi valitun rakennetyypin sisältämät materiaalit järjestyksessä sisältä ulospäin katsottuna (kuva 40, 2. kohta). Keskimmäisen valintaikkunan oikealla puolella olevista painikkeista voi valita

lisää materiaaleja rakenteeseen tai muokata jo valmiina olevia rakenteita. Lisäksi rakenteiden materiaalien järjestystä voi vaihtaa ikkunan viereisistä painikkeista (+ ja –).

Materiaalien ominaisuuksia pääsee muokkaamaan valitsemalla alimmasta Materiaalit-valintaikkunasta aktiiviseksi muokattavaksi halutun materiaalin (kuva 40, 3. kohta) ja painaltamalla sen jälkeen valintaikkunan oikealta puolelta kohdasta muokkaa. Uusia materiaaleja lisätään painaltamalla kohdasta uusi. Materiaalille määriteltäviä tietoja ovat materiaalin nimi, lämmönjohtavuus, lämpökapasiteetti sekä tiheys.

Kuvan 41 esimerkkitapauksessa muokataan ulkoseinäobjektille liitteen 1 rakenne-suunnitelmia vastaava rakenne. Koska esimerkkitapauksen kohteessa on ohutrapattu betoniseinä, tehdään muokkaus kirjastosta valmiiksi löytyvälle kirjastotyyppille US 04 (Ohutrapattu betoniseinä). Rakennekirjastosta valmiiksi löytyviä kirjastotyyppejä kannattaa käyttää määrittelyn lähtökohtana ajan säästämiseksi. Ala-, ylä- ja välipohjien sekä väliseinien määrittäminen tapahtuu samalla tavalla kuin ulkoseinien määrittäminen.



Kuva 41. Liitteen 1 mukainen ulkoseinätyyppi US 01 rakennekirjastoon määritettynä.

5.2.4 Ikkunat ja ovet

Ulkoseinärakenteen määrittämisen jälkeen kannattaa määrittellä ulkoseinien ikkunat ja ovet. Tilan rakenteet -ikkunan alapuolella olevaan Rakenteen ovet ja ikkunat -ikkunaan tulevat kaikki aktiiviseksi valittujen seinärakenneobjektien ikkunat ja ovet. Rakenteen ovet ja ikkunat -ikkunasta valitaan määritettäväksi haluttavat ikkunat tai ovet aktiiviseksi (kuva 42, 1. vaihe). Tämän jälkeen painalletaan Muokkaa-painiketta ikkunan oikeassa reunassa (kuva 42, 2. vaihe), minkä jälkeen aukeaa muokkausikkuna. Laskentaprojektin ovien tietojen määrittäminen tehdään samalla tavalla kuin seinärakenteiden määrittäminen.

Nimi	Kirjasto	Tila	m²	Suuntaus	Kaltevuus	Ikkuna m²	Ovi m²
+GapWall	US 01	317	0,134	0	90		
+GapWall	US 01	317	0,134	0	90		
US 01	US 01	318	17,356	0	90	5,040	
US 01	US 01	318	11,575	0	90	2,940	
+GapWall	US 01	318	0,134	0	90		
+GapWall	US 01	318	0,134	0	90		
US 01	US 01	310	8,477	0	90		2,520
+GapWall	US 01	310	0,134	0	90		
+GapWall	US 01	310	0,134	0	90		

Nimi	Kirjasto	Tila	m²	Upotus mm	Puite	Säle.	Peitelevy	Lipat
I1	2xclear+low-e, (Argon+Argon) 6+6mm	101	2,520	0	-	-	-	-
I3	2xclear+low-e, (Argon+Argon) 6+6mm	101	2,520	0	-	-	-	-
I2	2xclear+low-e, (Argon+Argon) 6+6mm	101	2,940	0	-	-	-	-
I2	2xclear+low-e, (Argon+Argon) 6+6mm	101	2,940	0	-	-	-	-
I3	2xclear+low-e, (Argon+Argon) 6+6mm	101	2,520	0	-	-	-	-
I3	2xclear+low-e, (Argon+Argon) 6+6mm	101	2,520	0	-	-	-	-
I3	2xclear+low-e, (Argon+Argon) 6+6mm	101	2,520	0	-	-	-	-

Kuva 42. Ikkunoiden tai ovien muokattavaksi valitseminen.

Kuvassa 43 on esitetty ikkunoiden muokkausikkuna, jossa määritetään ikkunan tiedot. Ensimmäiseksi määritetään ikkunan lasityyppi. Mikäli alasvetovalikossa ei ole haluttua ikkunatyyppiä, valikon viereisestä painikkeesta aukeaa laskentaprojektin ikkunakirjasto (kuva 44), jossa voi valita alasvetovalikkoon lisää ikkunatyypppejä. Tämän jälkeen voidaan määrittää ikkunan puitetyyppi alasvetovalikosta. Mikäli alasvetovalikossa ei ole sopivaa puitetyyppiä, voidaan sopiva puitetyyppi lisätä laskentaprojektin ikkunakirjastossa. Mikäli ikkunalle on määritetty puite, pienentää ohjelma automaattisesti ikkunan pinta-alasta puitteen pinta-alan. Laskentaprojektin ikkunakirjasto aukeaa myös puitetyypin alasvetovalikon viereisestä painikkeesta. Ikkunoiden koot tulevat automaattisesti tietomallin perusteella. Ikkunasuojaukset-kohdassa voidaan määrittellä ikkunalle sälekaihtimia, lippoja ja peitelevyjä.

Kuva 43. Ikkunoiden muokkausikkuna.

Laskentaprojektin ikkunakirjaston ikkunoiden tietoja ei voi muokata. Ikkunatyypin alavetovalikkoon voi lisätä kirjaston ikkunatyyppejä painaltamalla kohdasta hae. Energia-laskennan kannalta tärkeimmät ominaisuudet ikkunalle ovat ikkunan U-arvo sekä ikkunan g-arvo. G-arvolla tarkoitetaan auringon lämpösäteilyn kokonaisläpäisyarvoa ikkunalle. Riuskassa kokonaissäteilyn arvo on kohdassa Kokonais %.

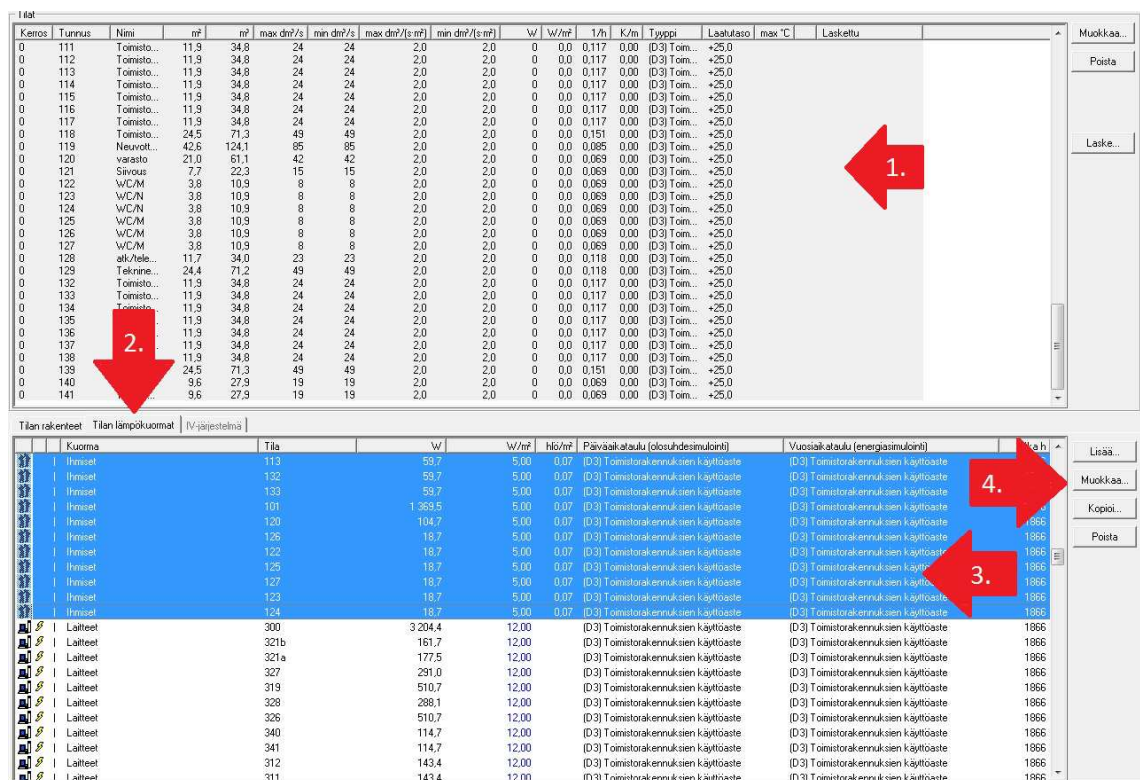
Nimi	Ikk. mm	Täyttekasvu	Kokonais %	Suora %	Näkyvä %	U W/(m²·K)	U-lämpöhäviö W/(m²·K)
2xclear+low-e, (Argon+Argon) 6+6+6mm	3	Argon+Argon	50,0	38,1	68,1	1,00	1,00

Nimi	Materiaali	U W/(m²·K)	Leveys mm
Puite 1	Alumiini normaali	3,00	50
Puite 2	Alumiini kennorakenne	1,50	50

Kuva 44. Laskentaprojektin ikkunakirjasto.

5.2.5 Tilojen lämpökuormat

Riuska-ohjelmalla tehtävässä energialaskennassa määritetään tilan lämpökuormat ihmisille, valaistukselle sekä laitteille. Dynaamisessa energialaskennassa arvioidaan rakennuksen todellisen käytön mukaiset arvot lämpökuormille. Tilojen lämpökuormien määrittämiseksi valitaan ensin kaikki rakennuksen tilat aktiiviseksi (kuva 45, 1. vaihe). Tämän jälkeen valitaan alemman ikkunan välilehti tilan lämpökuormat (kuva 45, 2. vaihe), jolloin alempaan ikkunaan tulevat näkyviin tilojen lämpökuormat. Riuska-ohjelma määrittää automaattisesti jokaiselle tilalle automaattisesti kuormat ihmisille, valaistukselle sekä laitteille. Lämpökuormat kannattaa määrittää automaattisesti määritettyjä tietoja muokkaamalla. Lämpökuormat kannattaa järjestää kuorman tyypin mukaiseen järjestykseen, minkä jälkeen valitaan kaikki saman tyypin lämpökuormat (esimerkiksi ihmiset) aktiiviseksi (kuva 45, 3. vaihe) ja valitaan ikkunan oikealta puolelta kohta muokkaa (kuva 45, 4. vaihe), jolloin avautuu kuorman muokausikkuna (kuva 46).



Keros	Tunnus	Nimi	n²	n²	max dm³/s	min dm³/s	max dm³/(s·n²)	min dm³/(s·n²)	W	W/m²	1/h	K/m	Tyyppi	Laalutaso	max °C	Laskettu
0	111	Toimisto...	11,9	34,8	24	24	2,0	2,0	0	0,0	0,117	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	112	Toimisto...	11,9	34,8	24	24	2,0	2,0	0	0,0	0,117	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	113	Toimisto...	11,9	34,8	24	24	2,0	2,0	0	0,0	0,117	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	114	Toimisto...	11,9	34,8	24	24	2,0	2,0	0	0,0	0,117	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	115	Toimisto...	11,9	34,8	24	24	2,0	2,0	0	0,0	0,117	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	116	Toimisto...	11,9	34,8	24	24	2,0	2,0	0	0,0	0,117	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	117	Toimisto...	11,9	34,8	24	24	2,0	2,0	0	0,0	0,117	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	118	Toimisto...	24,5	71,3	49	49	2,0	2,0	0	0,0	0,151	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	119	Neuvott...	42,6	124,1	85	85	2,0	2,0	0	0,0	0,085	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	120	varasto	21,0	61,1	42	42	2,0	2,0	0	0,0	0,069	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	121	Sivuas	7,7	22,3	15	15	2,0	2,0	0	0,0	0,069	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	122	W/C/N	3,8	10,9	8	8	2,0	2,0	0	0,0	0,069	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	123	W/C/N	3,8	10,9	8	8	2,0	2,0	0	0,0	0,069	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	124	W/C/N	3,8	10,9	8	8	2,0	2,0	0	0,0	0,069	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	125	W/C/N	3,8	10,9	8	8	2,0	2,0	0	0,0	0,069	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	126	W/C/N	3,8	10,9	8	8	2,0	2,0	0	0,0	0,069	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	127	W/C/N	3,8	10,9	8	8	2,0	2,0	0	0,0	0,069	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	128	alk/tele...	11,7	34,0	23	23	2,0	2,0	0	0,0	0,118	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	129	Tekni...	24,4	71,2	49	49	2,0	2,0	0	0,0	0,118	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	132	Toimisto...	11,9	34,8	24	24	2,0	2,0	0	0,0	0,117	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	133	Toimisto...	11,9	34,8	24	24	2,0	2,0	0	0,0	0,117	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	134	Toimisto...	11,9	34,8	24	24	2,0	2,0	0	0,0	0,117	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	135	Toimisto...	11,9	34,8	24	24	2,0	2,0	0	0,0	0,117	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	136	Toimisto...	11,9	34,8	24	24	2,0	2,0	0	0,0	0,117	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	137	Toimisto...	11,9	34,8	24	24	2,0	2,0	0	0,0	0,117	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	138	Toimisto...	11,9	34,8	24	24	2,0	2,0	0	0,0	0,117	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	139	Toimisto...	24,5	71,3	49	49	2,0	2,0	0	0,0	0,151	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	140	Toimisto...	9,6	27,9	19	19	2,0	2,0	0	0,0	0,069	0,00	(D3) Toim...	+25,0		
0	141	Toimisto...	9,6	27,9	19	19	2,0	2,0	0	0,0	0,069	0,00	(D3) Toim...	+25,0		

Tilan rakenteet	Tilan lämpökuormat	IV-järjestelmä
	Kuorma	Tiite
	Ihmiset	113
	Ihmiset	132
	Ihmiset	133
	Ihmiset	101
	Ihmiset	120
	Ihmiset	126
	Ihmiset	122
	Ihmiset	125
	Ihmiset	127
	Ihmiset	123
	Ihmiset	124
	Laitteet	300
	Laitteet	321b
	Laitteet	321a
	Laitteet	327
	Laitteet	319
	Laitteet	328
	Laitteet	326
	Laitteet	340
	Laitteet	341
	Laitteet	312
	Laitteet	311

Kuva 45. Lämpökuormien muokattavaksi valitseminen.

Kuvan 46 lämpökuorman muokausikkunassa määritetään valitun tyypin lämpökuormat. Kuvan 46 esimerkitapauksessa on määritetty ihmisten aiheuttamat lämpökuormat. Ensimmäisessä vaiheessa määritetään lämpökuorman laskennassa käytettävä

henkilötiheys neliötä kohden. Tämän jälkeen määritetään alasvetovalikosta valitsemalla päiväaika- ja vuosiaika-olosuhdesimulointia varten sekä vuosiaika- ja vuosiaika-energiasimulointia varten. Alasvetovalikoissa on valmiiksi RakMk D3:n mukaiset käyttöaika- ja vuosiaika-energiasimulointia varten. Viihtyisyyslaskennan asetukset ihmiskuormille määritetään ikkunan alareunan alasvetovalikoihin (kuva 46, 3. vaihe). Vaatetuksen kuvaus tulee näkyville, kun hiiren osoittimen vie alasvetovalikon kohdalle.

Muokkaa kuormaa

Kuormatyyppi: Ihmiset

Kuorma	Kustannusjaottelu
Ihmiset	Käyttäjä

Kuorma: 0,05882 henkilöä ☐ Ohje **1.**

Aikataulut mitoituspäivän olosuhdesimuloinnissa ja vuotuisessa energiasimuloinnissa:

Päiväaika-olosuhdesimuloinnissa: (D3) Toimistorakennuksien käyttöaste **2.**

Vuosiaika-energiasimuloinnissa: (D3) Toimistorakennuksien käyttöaste

Huom! Kuormat tallennetaan valinnan mukaan muodossa W tai W/m². Tämä on huomioitava, jos tilojen tai rakennuksen pinta-alaa muutetaan.

Viihtyisyyslaskennan asetukset ihmiskuormille

Työn tehokas: Normaali toimistotyö

Kuiva kuorma: 75,0 W/henkilö

Vaatetus, kun ulkolämpötila > +15 °C: Normaali työasu

Vaatetus, kun ulkolämpötila -5...+15 °C: Normaali työasu

Vaatetus, kun ulkolämpötila < -5 °C: Raskas työasu **3.**

OK

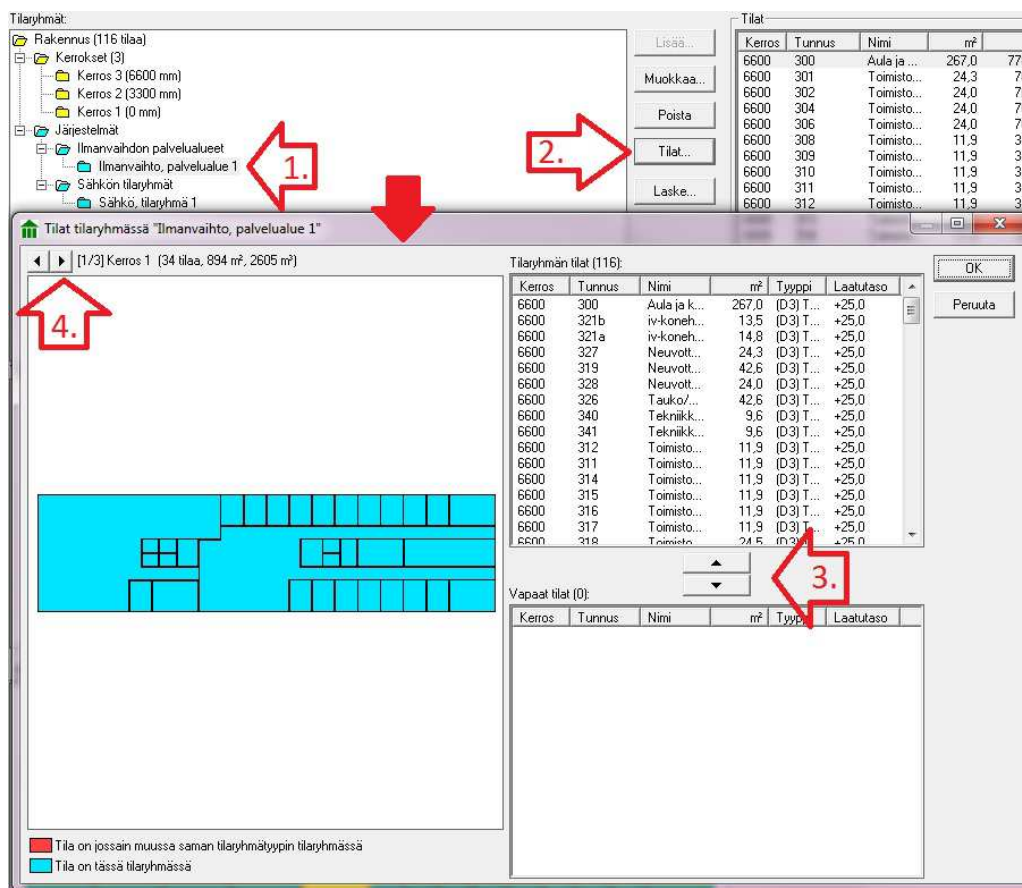
Peruuta

Kuva 46. Lämpökuormien muokkausikkuna.

Laitteiden lämpökuormaa määritettäessä RakMk D3:n mukainen lämpökuorma on 12 W/m^2 , joka on valmiiksi määritetty ohjelmaan. RakMk D3:n mukaan valaistuksen laskennassa käytetään arvoa 12 W/m^2 , mikäli tarkempaa erillisselvitystä valaistuksesta ei ole tehty. Myös valaistuksen aiheuttama lämpökuorma on määritetty RakMk D3:n mukaisesti ohjelmaan valmiiksi. [6, s. 19.]

5.2.6 Ilmanvaihto

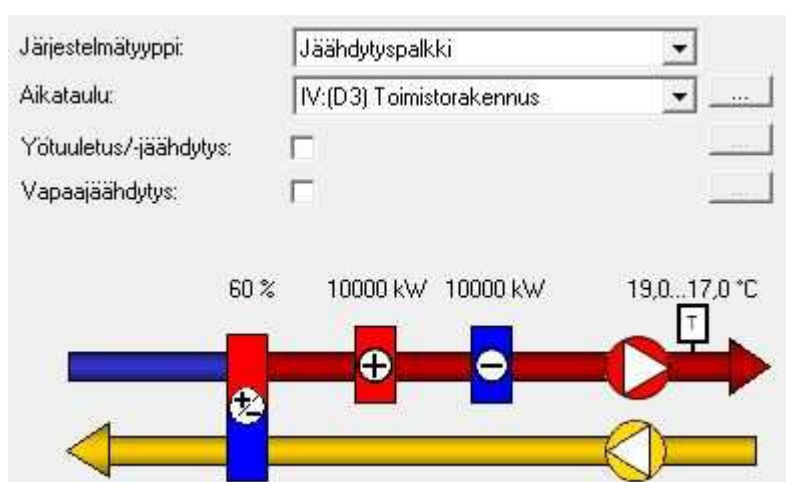
Ilmanvaihtojärjestelmän tietoja pääsee muuttamaan valitsemalla vasemman puolen valintaikkunasta Järjestelmät-kansion alikansion ilmanvaihdon palvelualueet, minkä jälkeen valitaan haluttu palvelualue. Mikäli rakennuksessa on useampia ilmanvaihdon palvelualueita, lisätään niitä tässä vaiheessa valintaikkunan oikeanpuoleisesta Lisää-painikkeesta. Palvelualueiden tilojen määrittämiseksi tulee vasemman ikkunan valikosta olla haluttu palvelualue valittuna aktiiviseksi (kuva 47, kohta 1). Palvelualueisiin kuuluvia tiloja pääsee määrittämään valintaikkunan oikealla puolella olevasta tilat-painikkeesta (kuva 47, kohta 2), jolloin aukeaa Tilat tilaryhmässä -ikkuna. Palvelualueeseen määritettäviä tiloja valitaan tai poistetaan oikean puoleisissa ikkunoissa Tilaryhmän tilat sekä Vapaat tilat. Tilaryhmän tilat -ikkunassa olevat tilat ovat valittuina palvelualueeseen. Vapaat tilat -ikkunassa olevat tilat eivät kuulu mihinkään tilaryhmään. Tiloja voi siirtää ikkunoiden välillä valitsemalla ensin halutut tilat aktiiviseksi, ja tämän jälkeen nuolipainikkeilla siirretään tilat toiseen ikkunaan (kuva 47, kohta 3).



Kuva 47. Ilmanvaihdon palvelualueiden tilojen määrittäminen laskentaprojektiin.

Tilat ovat valintaikkunassa kerroksittain. Aktiivista kerrosta voi vaihtaa kuvan 47 kohdan 4 nuolipainikkeilla. Aktiiviseksi valitun kerroksen tilat tulevat vasemmanpuoleisen ikkunan pohjapiirustukseen näkyviin. Mikäli tila kuuluu jo valittuun palvelualueeseen, se näkyy pohjakuvassa sinisellä värillä. Mikäli pohjakuvassa näkyvä tila kuuluu johonkin toiseen palvelualueeseen, tila näkyy punaisena. Harmaalla näkyvät tilat ovat vapaita tiloja, eli ne eivät kuulu mihinkään palvelualueeseen. Oikeanpuoleisissa ikkunoissa aktiiviseksi valitut tilat näkyvät pohjapiirroksessa keltaisella.

Aina kun vasemman puolen pääikkunasta on valittu aktiiviseksi jokin palvelualue, aukeaa kuvan 48 näkymä oikeanpuoleisen Tilat-ikkunan alapuolelle.

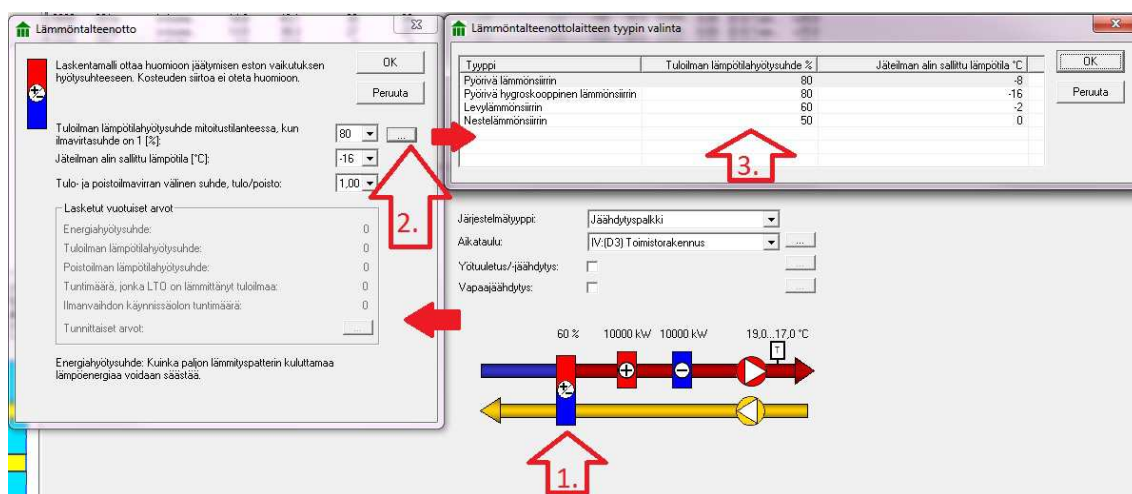


Kuva 48. Ilmanvaihtojärjestelmän määrittämisen perusnäkymä.

Ensimmäiseksi ilmanvaihtojärjestelmälle valitaan järjestelmätyyppi ylimmästä alavetovalikosta. Kuvan 48 esimerkitapauksessa valittiin toimistorakennukselle järjestelmätyypiksi jäähdytyspalkki. Aikatauluna standardoidussa laskennassa käytetään RakMk D3:n aikataulua, joka määritetään toiseen alavetovalikkoon. Laskentaprojektin aikataulukirjasto aukeaa valikon viereisestä painikkeesta, ja siellä voi tarkastella ja muokata aikataulua. Alavetovalikoiden alapuolella on mahdollista määrittellä laskentaprojektin kohteelle yötuuletusta ja jäähdytystä sekä vapaajäähdytystä. LTO:n hyötysuhdetta, lämmitys- ja jäähdytyspattereiden tehoa, poisto- ja tuloilmapuhaltimien ominaisuuksia sekä tuloilman sisäänpuhalluslämpötilaa voi muokata painaltamalla niitä ilmaisevien kuvakkeiden kohdalta.

Kuvassa 49 on esitetty LTO:n hyötysuhteen määrittäminen laskentaprojektiin. Ensimmäisessä vaiheessa painalletaan LTO:a kuvaavaa kuvaketta, jolloin aukeaa Lämmön-

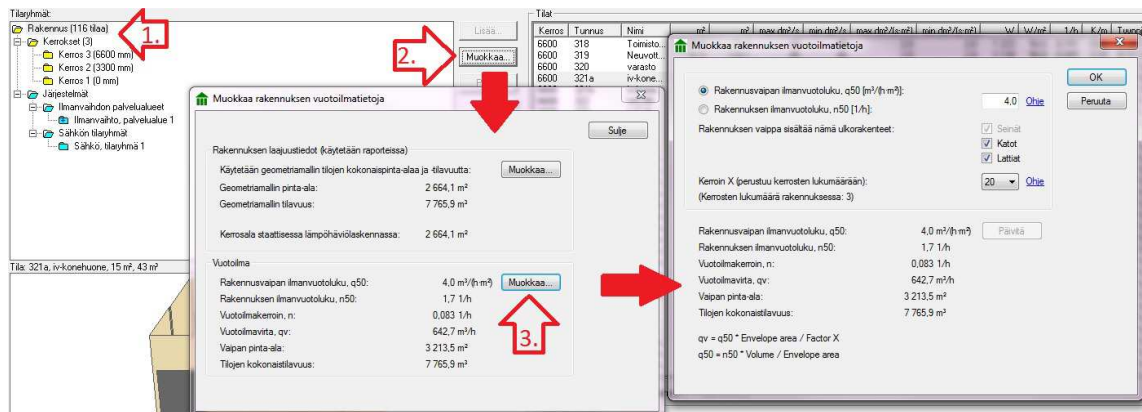
talteenotto-ikkuna. Lämmöntalteenotto-ikkunassa voi määrittellä mitoitusilanteen hyötysuhteen, jäteilman alimman sallitun lämpötilan sekä tulo- ja poistoilmavirran suhteen alaspöytävalikoihin. Riuskaan on määritetty valmiiksi tuloilman lämpötilahyötysuhteen ja jäteilman alimman sallitun lämpötilan osalta neljä esimerkkityyppiä. Vaiheen kaksi painiketta painaltamalla aukeaa Lämmöntalteenottolaitteen tyyppin valinta -ikkuna, jossa on määritetty valmiiksi pyörivän, pyörivän hygroskooppisen, levy- sekä nestelämmönsiirtimen esimerkkiarvot. Mikäli valitaan esimerkkityypin lämmönsiirrin (3. vaihe), päivittyvät tiedot automaattisesti Lämmöntalteenotto-ikkunan alaspöytävalikoihin.



Kuva 49. LTO:n hyötysuhteen määrittäminen laskentaprojektiin.

5.2.7 Rakennuksen laajuustiedot ja vuotoilma

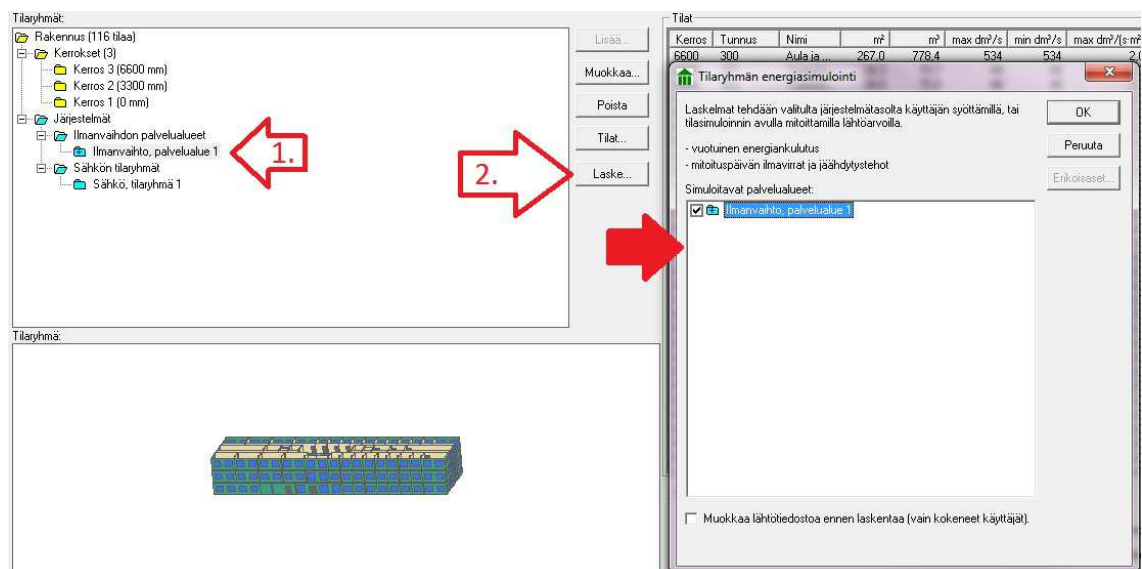
Rakennuksen vuotoilma- ja laajuustietoja pääsee muokkaamaan valitsemalla Tilaryhmät-ikkunasta aktiiviseksi koko rakennuksen (kuva 50, vaihe 1) ja sen jälkeen valitsemalla ikkunan oikealta puolelta kohdan Muokkaa (kuva 50, vaihe 2). Muokkaa rakennuksen vuotoilmatietoja -ikkunassa voi valita muokattavaksi joko rakennuksen laajuustiedot tai vuotoilman. Rakennuksen laajuustietojen tulisi olla automaattisesti oikein, mikäli tietomalli on luotu lähtötietojen mukaisesti oikein. Mikäli ohjelman rakennukselle automaattisesti laskemat laajuustiedot eivät täsmää tasopiirustusten kanssa, täytyy niitä muuttaa manuaalisesti. Vuotoilmamäärää pääsee muokkaamaan valitsemalla kuvan 50 kohdan 3 osoittaman kohdan muokkaa, jolloin aukeaa rakennuksen vuotoilmatietojen muokkausikkuna. Ilmanvuotoluvun voi ilmoittaa joko q_{50} -lukuna ($\text{m}^3/\text{h m}^2$) tai n_{50} -lukuna (1/h).



Kuva 50. Vuotoilmamäärän määrittäminen laskentaprojektiin.

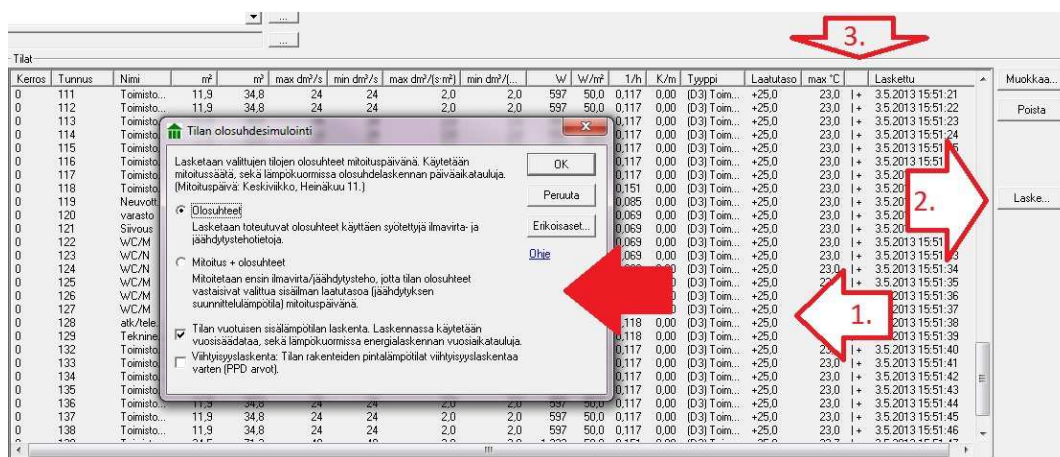
5.2.8 Olosuhteiden simulointi ja laskenta

Olosuhteiden simuloinnin voi aloittaa kun laskentatapauksen lähtötiedot on syötetty ohjelmaan. Ensimmäisessä vaiheessa tehdään ilmanvaihdon palvelualueille energia-simulointi. Ilmanvaihdon palvelualueelle tehtävän energiasimuloinnin vaiheet on esitetty kuvassa 51. Ensimmäiseksi valitaan Tilaryhmät-ikkunasta haluttu ilmanvaihdon palvelualue aktiiviseksi ja sen jälkeen valitaan ikkunan vierestä kohta laske. Tämän jälkeen aukeaa kuvassa 51 esitetty Tilaryhmän energiasimulointi -ikkuna, jossa varmistetaan simuloitaviksi halutut palvelualueet. Kuvan 51 esimerkkitapauksessa kohteessa ei ole kuin yksi ilmanvaihdon palvelualue, joten se on valittu aktiiviseksi.



Kuva 51. Ilmanvaihdon palvelualueen tilaryhmän energiasimulointi.

Kun valinta on hyväksytty painaltamalla OK-painiketta, laskee ohjelma tilaryhmän vuotuisen energiankulutuksen sekä mitoituspäivän ilmavirrat ja jäähdytystehot. Tämän jälkeen voidaan tehdä tilojen olosuhdesimulointi. Olosuhdesimulointi tehdään valitsemalla ensin kaikki halutut rakennuksen tilat (käytännössä kaikki tilat) aktiiviseksi Tilat-ikkunassa (kuva 52, vaihe 1), minkä jälkeen valitaan Tilat-ikkunan oikealta puolelta kohta Laske (kuva 52, vaihe 2). Tämän jälkeen aukeaa tilan olosuhdesimulointi-ikkuna (kuva 52), jossa valitaan haluttu olosuhdesimulointitapa. Valitsemalla Olosuhteet-kohdan aktiiviseksi, ohjelma laskee toteutuvat olosuhteet käyttäen syötettyjä ilmavirta- ja jäähdytystehotietoja. Mitoitus+olosuhteet -kohdan valitsemalla ohjelma mitoittaa ensin ilmavirran ja jäähdytystehon niin, että tilan olosuhteet vastaisivat tiloille valittua sisäilman laatutasoa. Mitoituspäivän maksimilämpötila ja laskennan suorittamisen ajankohta tulee näkyviin Tilat-ikkunaan, kun ohjelma on suorittanut laskennan (kuva 52, kohta 3).



Kuva 52. Tilojen olosuhdesimuloinnin tekeminen.

5.2.9 Järjestelmien energiantarpeiden määrittäminen

Järjestelmien energiantarpeita pääsee määrittämään valitsemalla tilaryhmät -ikkunasta kohdan järjestelmät aktiiviseksi, minkä jälkeen Tilaryhmät-ikkunan oikealle puolelle avautuu kuvassa 53 esitetty Järjestelmien energiankulutukset -valintaikkuna. Ikkunan yläreunassa näkyy senhetkisiä laskentatuloksia. Valintaikkunan yläreunassa näkyy esimerkiksi ostoenergiankulutukset sekä E-luku. Valintaikkunan vasemman reunan laatikoista valitaan ”rastittamalla” osiot, joiden halutaan yläreunan tuloksissa näkyvän. Kaikkien manuaalisesti määritettävien arvojen laskentatapa on esitetty luvussa 2.2 E-luvun laskennassa käytettävät lähtöarvot ja niiden laskenta.

Järjestelmien energiankulutukset

Energiasimuloinnissa käytettävät laajuustiedot:

Geometriallin pinta-ala:
Geometriallin tilavuus:

2 664,1 m²
7 765,9 m³


Ostoenergia:	MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	1000 kg CO ₂	E-luku:	MWh	kWh/m ²	
Lämmitysenergia:	168,4	63,2	21,7	37,1		117,9	44,3	
Jäähdytysenergia:	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	
Sähköenergia:	181,2	68,0	23,3	40,4		308,1	115,6	
- Lämmityssähkö:	0,0	0,0	0,0		E-luku [kWh/m ²]:	159,9		
- Jäähdytys sähkö:	25,7	9,6	3,3					
- LVI, muu sähkö:	36,2	13,6	4,7					
- Valaistussähkö:	59,7	22,4	7,7					
- Laitesähkö:	59,7	22,4	7,7					
Ilmaenergia:	0,0	0,0	0,0					
Lämmitysenergian tarve:	163,4	61,3	21,0					
<input checked="" type="checkbox"/> simuloitu, IV-kone:	107,8	40,5	13,9		Lämmityksen energiatuotanto			
<input checked="" type="checkbox"/> simuloitu, tilalaitteet:	55,5	20,8	7,2					
- lämpöhäviöenergia:	0,0	0,0	0,0					
- lämmin käyttövesi:	0,0	0,0	0,0					
- lämpöhäviöenergia:	0,0	0,0	0,0					
<input type="checkbox"/> muu:	0,0	0,0	0,0					
Jäähdytysenergian tarve:	64,2	24,1	8,3		Jäähdytyksen energiatuotanto			
<input checked="" type="checkbox"/> simuloitu, IV-kone:	17,1	6,4	2,2					
<input checked="" type="checkbox"/> simuloitu, tilalaitteet:	47,2	17,7	6,1					
<input type="checkbox"/> muu:	0,0	0,0	0,0					
LVI, muu sähkön tarve:	36,2	13,6	4,7		Sähkön energiatuotanto			
<input checked="" type="checkbox"/> simuloitu, puhaltimet:	36,2	13,6	4,7					
<input type="checkbox"/> muu:	0,0	0,0	0,0					
Valaistussähkön tarve:	59,7	22,4	7,7					
<input checked="" type="checkbox"/> tilat: <input checked="" type="radio"/> kaikki rakennuksen tilat:	59,7	22,4	7,7					
<input type="radio"/> tilat sähkön tilaryhmistä:	59,7	22,4	7,7					
<input checked="" type="checkbox"/> rakennus:	0,0	0,0	0,0					
Laitesähkön tarve:	59,7	22,4	7,7					
<input checked="" type="checkbox"/> tilat: <input checked="" type="radio"/> kaikki rakennuksen tilat:	59,7	22,4	7,7					
<input type="radio"/> tilat sähkön tilaryhmistä:	59,7	22,4	7,7					
<input checked="" type="checkbox"/> rakennus:	0,0	0,0	0,0					

Oike

Kuva 53. Järjestelmien kulutukset -ikkunan perusnäkymä.

Lämmitysenergian tarpeen määrittäminen

Lämmitysenergian tarpeista ohjelma simuloi aina automaattisesti IV-koneen ja tilalaitteiden lämmitysenergian nettotarpeen. Tilalaitteiden lämpöhäviöenergia -kohtaan pääsee lisäämään tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviön painaltamalla rivin oikean puoleista painiketta, jolloin aukeaa kuvan 54 Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia -ikkuna. Ikkunaan määritetään tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia joko kilowattitunteina neliötä kohden tai vaihtoehtoisesti koko vuotuinen lämpöhäviöenergia kilowattitunteina.


Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia

Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia [kWh/m²]:

Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia [kWh]:

OK

Peruuta

Kuva 54. Tilojen lämmitysjärjestelmien lämpöhäviöenergian määrittämissikkuna.

Riuska-ohjelma ei simuloi lainkaan lämpimän käyttöveden energiankulutusta, joten lämpimän käyttöveden energiankulutus on määritettävä ohjelmaan manuaalisesti. Lämpimän käyttöveden energiankulutuksen pääsee määrittelemään painaltamalla rivin oikean puolen kuvaketta, jolloin aukeaa lämpimän käyttöveden kulutuksen määritysikkuna. Uuden toimistorakennuksen suunnitteluvaiheessa käytetään vuotuisen kulutuksen arvoa 6 kWh/m².

Lämpimän käyttöveden kiertopiiriin lämpöhäviöenergia määritetään Lämpimän käyttöveden lämpöhäviöenergia -kohtaan. Lämpöhäviörivin oikean puoleista painiketta painamalla (osoitettu nuolella kuvassa 55) aukeaa Lämpimän käyttöveden kulutus -ikkuna, johon kiertopiiriin lämpöhäviöenergia voidaan määrittää. Samassa ikkunassa on myös kohta Lämpimän käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia, johon voi lisätä lämpimän käyttöveden siirron ja varastoinnin vuotuisen lämpöhäviöenergian. Kuvassa 55 esitettyssä esimerkkitapauksen kiertohäviöiden määrittämisessä vuotuisiksi kiertohäviöiksi määritettiin 2 800 kWh.

Lämmitysenergian tarve:	179,4	67,3	23,1
<input checked="" type="checkbox"/> simuloitu, IV-kone:	107,8	40,5	13,9
<input checked="" type="checkbox"/> simuloitu, tilalaitteet:	55,5	20,8	7,2
-lämpöhäviöenergia:	0,0	0,0	0,0
<input checked="" type="checkbox"/> lämmin käyttövesi:	16,0	6,0	2,1
-lämpöhäviöenergia:	0,0	0,0	0,0
<input type="checkbox"/> muu:	0,0	0,0	0,0
Jäähdytysenergian tarve:	64,2	24,1	8,3

Lämpimän käyttöveden kulutus

Lämpimän käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia [kWh/m²]:

Lämpimän käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia [kWh]:

Lämpimän käyttöveden kiertopiiriin lämpöhäviöenergia [kWh/m²]:

Lämpimän käyttöveden kiertopiiriin lämpöhäviöenergia [kWh]:

2800

OK

Peruuta

Kuva 55. Lämpimän käyttöveden kiertopiiriin lämpöhäviöenergian määrittäminen.

Lämmityksen energiamuodon tietojen määrittäminen tapahtuu kohtaan lämmityksen energiantuotanto (valintapainike korostettu nuolella kuvassa 56). Valintapainiketta painamalla aukeaa lämmityksen energiamuotojen osuuksien valintaikkuna, jossa voidaan määrittää laskennassa käytettävän energiamuodon vuosihyötysuhde sekä osuus. Kuvan 56 esimerkkitapauksessa lämmityksen energiamuodoksi valittiin ainoastaan

kaukolämpö (100 %) ja sen vuosihyötysuhteeksi 0,97. Useampia energiamuotoja käytettäessä määritetään kunkin energiamuodon osuus prosentteina. Energiamuotovalikon yläpuolella näkyy määritettyjen energiamuotojen osuuksien summa, jonka tulee aina olla 100 %.

Lämmitysenergian tarve:

	184,4	69,2	23,7
<input checked="" type="checkbox"/> simuloitu, IV-kone:	107,8	40,5	13,2
<input checked="" type="checkbox"/> simuloitu, tilalaitteet:	55,5	20,8	7,2
-lämpöhäviöenergia:	0,0	0,0	0,0
<input checked="" type="checkbox"/> lämmin käyttövesi:	16,0	6,0	2,0
-lämpöhäviöenergia:	2,8	1,1	0,4
<input checked="" type="checkbox"/> muu:	2,2	0,8	0,3

[Ohje](#)

... Lämmityksen energiatuotanto

Lämmitys: Energiamuotojen osuudet

= 100,00 %

Energiamuodon nimi	Energiamuodon tyyppi	Vuosihyötysuhde	Osuus %	Energiamuotokerroin
Aurinkolämpö	Ilmaisenergia, aurinkolämpö	1,00		0,00
Aurinkosähkö	Ilmaisenergia, aurinkosähkö	1,00		0,00
Fossiilinen	Fossiilinen	1,00		1,00
Kaukojäähdytys	Kaukojäähdytys	1,00		0,40
Kaukolämpö	Kaukolämpö	0,97	100,00	0,70
Maalämpö	Lämpöpumppu	3,00		1,70
Muu ilmaisenergia	Ilmaisenergia, muu	1,00		0,00
Sähkö	Sähkö	1,00		1,70
Tuulisähkö	Ilmaisenergia, tuulisähkö	1,00		0,00
Uusiutuva	Uusiutuva	1,00		0,50

OK

Peruuta

Muokkaa...

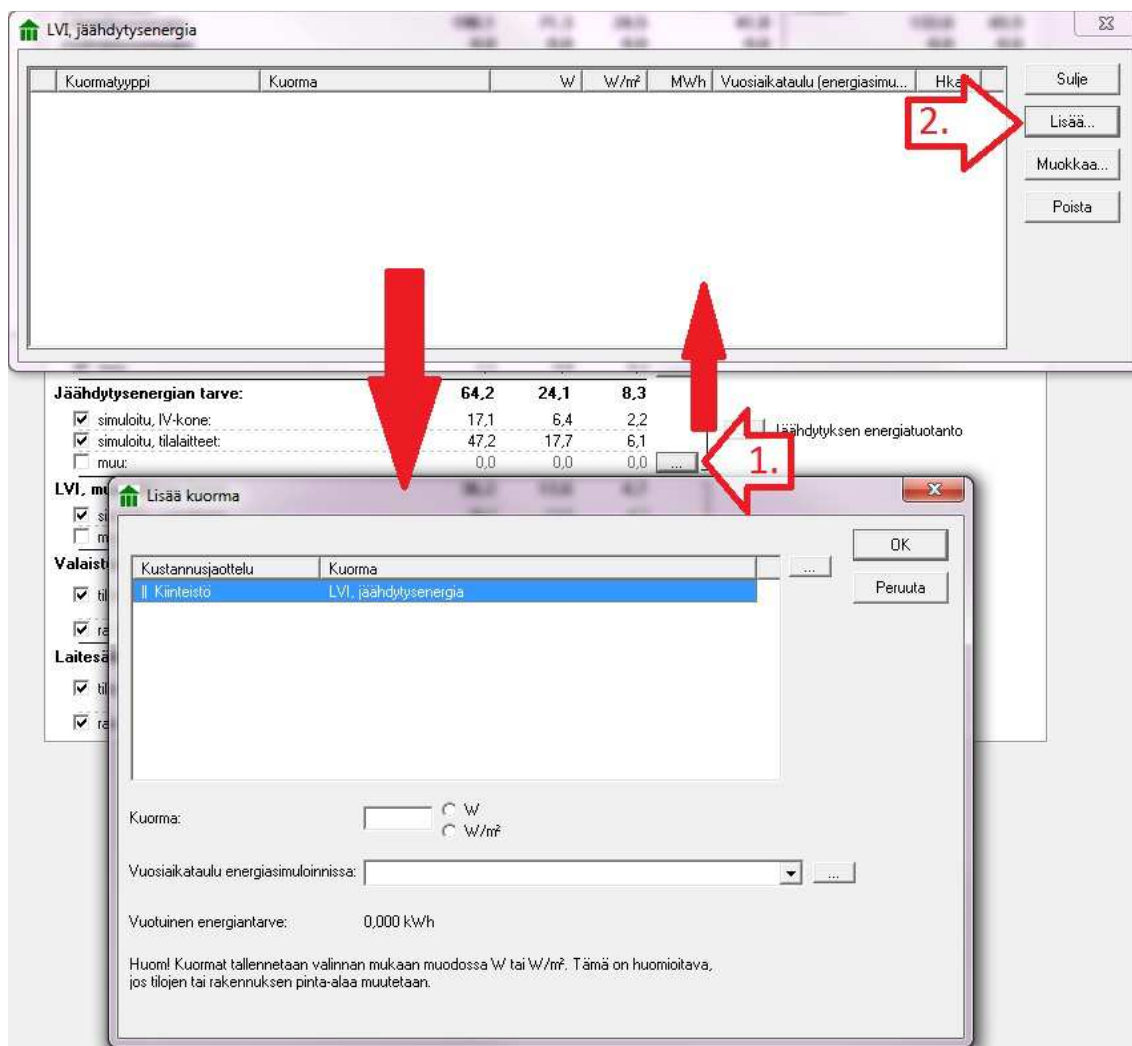
%-osuus -sarake kertoo mille energiamuodoille muokattavana oleva energialaji jakautuu.
%-osuuksien summa täytyy olla 100 %.

Kuva 56. Energiamuotojen osuuksien ja vuosihyötysuhteiden määrittäminen.

Jäähdytysenergian tarpeen määrittäminen

Riuska-ohjelma simuloi automaattisesti IV-koneen ja tilojen jäähdytysenergian kulutuksen laskentaprojektiin määritettyjen tietojen perusteella. Jäähdytysenergian tuoton, varastoinnin, jakelun ja luovutuksen lämpöhäviöt lisätään kohtaan Muu, jossa ne määritetään kiinteistön lämpökuormaksi. Lisäksi jäähdytyksen lämpökuormaksi lisätään 50 % lämpimän käyttöveden kierron ja varastoinnin lämpöhäviöiden summasta. Lämpimän käyttöveden arvo on laskettu aiemmin vuotuisena kulutuksena (kWh), joten kuvan 57 Lisää kuorma -ikkunan Vuotuinen energiantarve -kohdassa olevan arvon tulisi olla puo-

let kierron ja varastoinnin lämpöhäviöiden summasta (kWh). Lämpökuormaksi määrittäminen on esitetty kuvassa 57. Lämpökuorman teho lisätään joko watteina neliometriä kohden tai vaihtoehtoisesti vuotuinen lämpökuorma watteina. Lisäksi kuormalle on määritettävä vuosiakataulu. Jäähdytyksen energiamuoto valitaan samalla tavalla kuin lämmityksenkin.



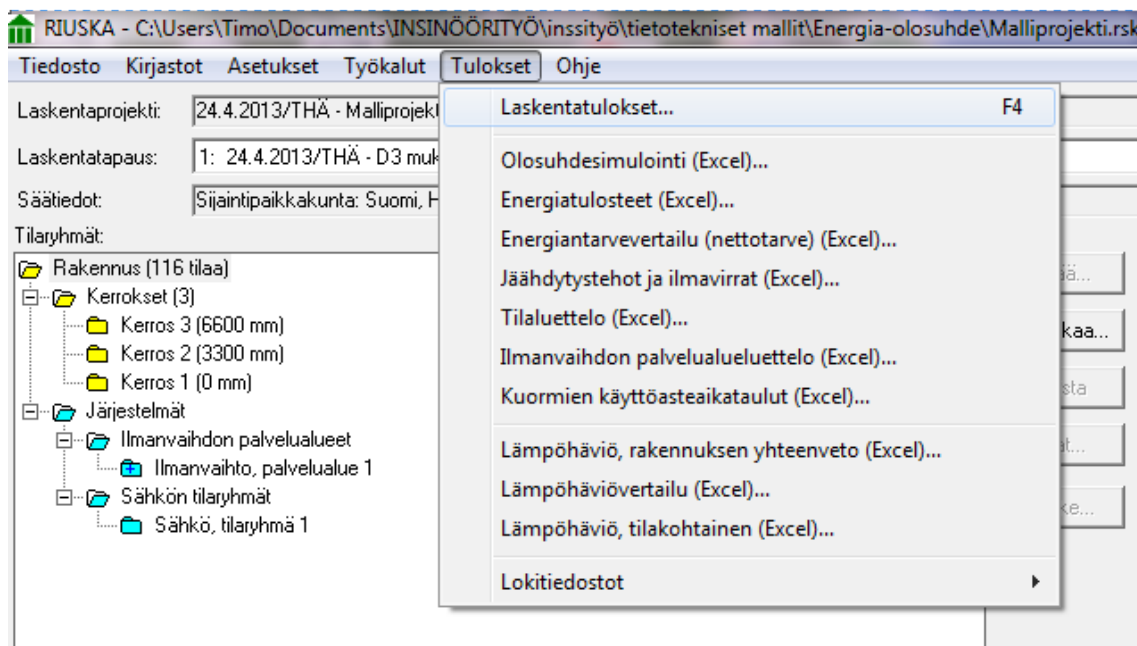
Kuva 57. Jäähdytyksen kuormien lisääminen.

Sähköenergian tarpeen määrittäminen

Riuska-ohjelma simuloi automaattisesti puhallin-, valaistus- sekä laitesähkön energian kulutuksen. Lämmitysjärjestelmän apulaitteiden vuotuinen sähköenergian kulutus arvioidaan kuormana kohtaan LVI, muu sähköntarve: muu. Kuorman lisääminen tapahtuu samaan tapaan kuin jäähdytyskuormankin. Sähkön energiamuodon tietojen määrittäminen tehdään samaan tapaan kuin lämmitysjärjestelmänkin.

5.3 Laskentatulosten tarkastelu ja tulostus

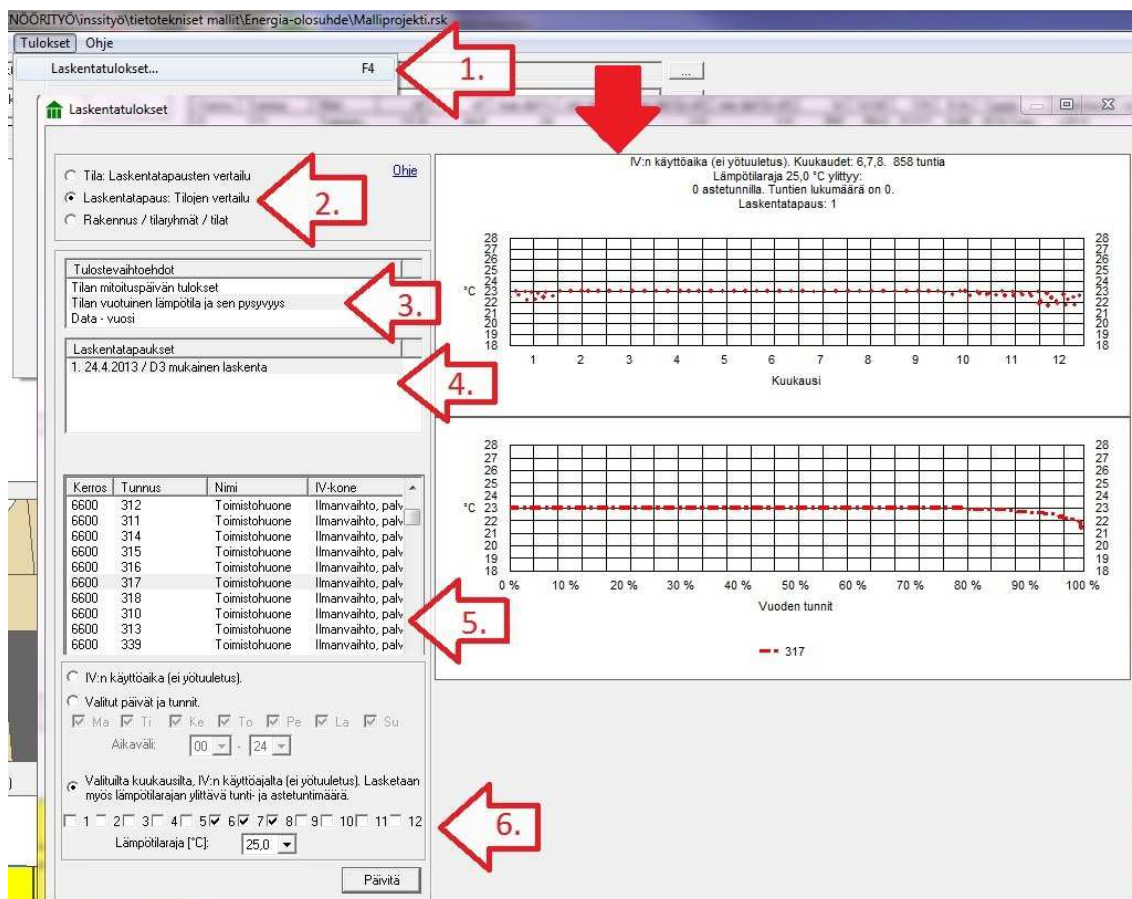
Laskentatuloksia voi tarkastella sekä tulostaa painamalla Tulokset-alasvetovalikon auki Riiska-ohjelman ikkunan yläreunasta, minkä jälkeen voi valita laskentatulosten tarkastelun tai vaihtoehtoisesti jonkin Microsoft Excel -ohjelmalla avautuvan tulosteen.



Kuva 58. Tulokset-alasvetovalikko avattuna.

Laskentatuloksia voi ohjelmassa tarkastella todella monipuolisesti. Laskentatulokset-ikkuna aukeaa, kun valitsee Tulokset-alasvetovalikosta kohdan Laskentatulokset (kuva 59, kohta 1). Laskentatuloksista voi tarkastella esimerkiksi rakennuksen lämpöhäviöitä, energiantarvetta eri ajanjaksoilla sekä lämmitys- ja jäähdytysenergian vuotuista pysyvyyttä.

Viihtyvyyyslaskennan kannalta tulostarkastelussa tärkein ominaisuus on tilan lämpötilan ja sen pysyvyyden tarkasteluominaisuus. Tarkastelun vaiheet on esitetty kuvassa 59. Kuvan kohdat 2 ja 3 tulee aina valita kuvassa 59 esitetyllä tavalla. Laskentatapauksen valinta tehdään kohtaan 4. Kohdassa 5 valitaan tarkasteltavaksi haluttu tila. Kaksi tilaa voi valita yhtä aikaa keskinäistä vertailua varten.

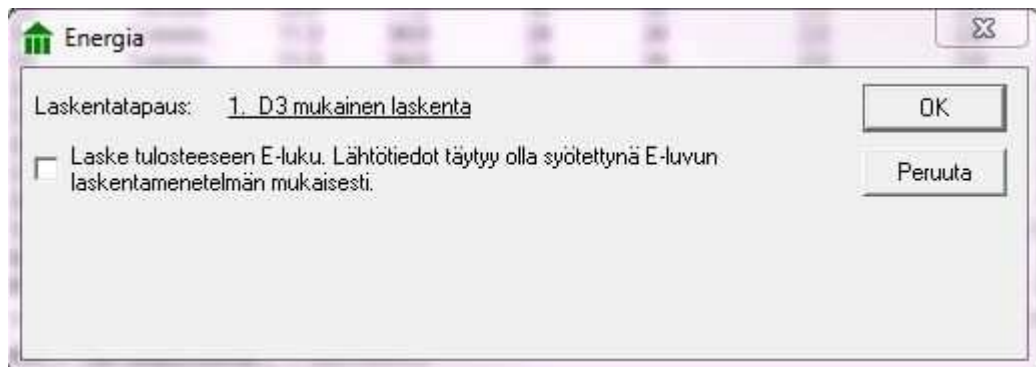


Kuva 59. Huonelämpötilan ja sen pysyvyyden tarkastelu laskentatuloksista.

Tulosten tarkasteluajaksi tulee valita kuvan 59 kohdan 6 mukaisesti kesäkuukaudet ilmanvaihdon käyttöajalta, jotta lämpötilarajan ylittävien asetuntien määrä tulee näkyviin oikean puoleiseen tarkasteluikkunaan. Lämpötilaraja täytyy määritellä laskennassa käytettävien kuukausien alapuolelle. Toimistorakennukselle lämpötilaraja on RakMk D3:n mukaisesti 25 °C, ja laskennassa käytettävä ajanjakso on kesäkuun alusta elokuun loppuun. Yleensä tarkastelu tulee tehdä ainakin niille tiloille, joissa oletettavasti on suurempi riski tilojen yllämpenemiselle.

Energialaskennan kannalta Microsoft Excel -ohjelmalla avautuvista tulosteista tärkeimmät ovat energiatulosteet, jotka tulostetaan kuvassa 58 esitetyn alasvetovalikon kohdasta energiatulosteet. Energiatulosteisiin kuuluvat energiantarve, ostoenergian tarve sekä ostoenergian CO₂-päästöt. Esimerkkikohteen energiatulosteet on esitetty liitteessä 3. Mikäli tulosteisiin haluaa mukaan E-luvun laskennan lähtötiedot sekä tulokset, täytyy se määritellä kuvassa 60 esitettyyn valintaikkunaan. Valintaikkuna aukeaa automaattisesti alasvetovalikon tulosteen valinnan jälkeen. E-luvun laskentatietojen

valinnan jälkeen Excel-tiedosto täytyy tallentaa. Tallentamisen jälkeen tiedosto avautuu Microsoft Excel -ohjelmalla automaattisesti.



Kuva 60. E-luvun tietojen valitseminen energiatulosteisin.

6 Esimerkkikohteen herkkyystarkastelu

Herkkyystarkastelun laskentatapausten lähtöarvot on koottu liitteen 2 taulukkoon. Herkkyystarkastelun laskentatulokset on esitetty liitteen 3 taulukoissa.

6.1 Laskennan esimerkkikohteen esittely

Tämän insinööriyön esimerkkikohde on pääkonttorityyppinen toimistorakennus, eli koko rakennuksen tilat ovat yhdelle käyttäjälle. Rakennuksen työhuoneet ovat pinta-alaltaan 10–20 m². Työhuoneiden lisäksi rakennuksessa on neuvotteluhuoneita, kaksi keittiö/taukotilaa, WC-tiloja sekä varastohuoneita. Ilmastointikonehuoneet sijaitsevat rakennuksen ylimmässä kerroksessa. Rakennuksessa ei ole kellaritiloja.

Rakennuksen ulkoseinä on suunniteltu toteutettavan ohutrapattuna betoniseinänä. Rakennuksen alapohja rajoittuu ryömintätilaan. Väliseinätyypeistä kantavia rakenteita ovat betoniset väliseinät (VS 04). Rakenteiden materiaalit ja U-arvot on esitetty liitteessä 1. Rakennuksen pääjulkisivun suuntaus on etelään.

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmänä on koneellinen tulo-poisto. Lämmitysenergia saadaan kaukolämpöverkosta ja rakennuksen jäähdytysenergia tuotetaan sähköllä. Mahdollisesti tulevaisuudessa on mahdollisuus liittyä myös kaukojäähdytysverkkoon.

6.2 Herkkyystarkastelun laskentatapaukset

1. Perustapaus - D3:n mukainen laskenta

Perustapauksessa on laskettu rakennuksen E-luku RakMk D3:n ja energiatodistusasetuksen mukaisilla lähtöarvoilla. Määräysten ja ohjeistusten mukaista laskentatapausta käytetään vertailukohtana muille laskentatapauksille. Mikäli muissa laskentatapauksissa E-luku on pienempi kuin perustapauksessa, on rakennuksen energiatehokkuus määräysten ja ohjeistusten mukaisesti laskettua perustapausta parempi.

2. Rakennuksen suuntauksen vaikutus E-lukuun

Rakennuksen suuntauksen vaikutusta E-lukuun tarkasteltiin siten, että rakennuksen pitkä julkisivu (pääjulkisivu) käännettiin itään.

3. Rakennuksen tiiveyden vaikutus E-lukuun

Rakennuksen tiiveyden vaikutuksen tarkastelussa perustapauksessa käytettyä ilmanvuotolukua q_{50} ($4,0 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$) muutettiin pienemmäksi arvoon $1,5 \text{ m}^3/(\text{h m}^2)$. Mikäli rakennuslupaa haettaessa arvoa pienennettäisiin, tulisi tiiveyden paranemisesta tehdä erillisselvitys.

4. Rakenteiden U-arvojen parantamisen vaikutus E-lukuun

Rakenteiden U-arvoja muokattiin ulkoseinien sekä ylä- ja alapohjan osalta. Ulkoseinien mineraalivillakerroksen paksuus muutettiin 220 mm:stä arvon 430 mm, jolloin rakenteen U-arvoksi saatiin $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$ (perustapauksessa U-arvo on $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$). Yläpohjan puhallusvillan paksuudeksi määritettiin 570 mm (perustapauksessa 430 mm), jolloin U-arvo muuttui arvoon $0,07 \text{ W/m}^2\text{K}$. Rakennuksen alapohjaan lisättiin yksi 170 mm paksu polystyreenilevy, jolloin alapohjan U-arvoksi saatiin $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$.

5.–7. Ikkunoiden U-arvon ja suojausten parantamisen vaikutus E-lukuun

Laskentatapauksissa 5–7 tarkasteltiin ikkunan U-arvon ja suojauksen vaikutusta rakennuksen E-lukuun. Laskentatapauksessa 5 ikkunan U-arvoa muutettiin perustapauksen arvosta $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ arvoon $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$. Laskentatapauksessa 6 ikkunan U-arvon muutoksen lisäksi ikkunalle määritettiin sälekaihtimet kolmilasisen ikkunan ulompaan väliin. Sälekaihtimien peittoala ikkunassa oletettiin olevan 95 %. Laskentatapauksessa 7 ikkunan yläpuolelle lisättiin lipa sekä lisäksi määritettiin sälekaihtimet ja U-arvo laskentatapauksen 6 mukaisesti. Lipan sijainniksi valittiin ikkunan yläpuoli ja etäisyydeksi ikkunan yläreunaan 50 mm. Lipan pituus on 500 mm ja sen kulma ikkunaan nähden 70 astetta.

8. SFP-luvun pienentämisen vaikutus E-lukuun

Kahdeksannessa laskentatapauksessa muutettiin ilmanvaihdon ominaissähkötehoa. Perustapauksen ominaissähkötehoa ($2,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$) pienennettiin arvoon $1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$.

9. ja 10. Ilmanvaihdon lämmöntalteenoton parantamisen vaikutus E-lukuun

Perustapauksessa ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhteena käytettiin arvoa 45 %, joka on laskennassa käytettävä uuden energiatodistusasetuksen mukainen arvo jos suunnitelmista ei pystytä vuosihyötysuhdetta selvittämään. Laskentatapauksessa 9 tarkasteltiin LTO:n vuosihyötysuhteen vaikutusta E-lukuun, jos vuosihyötysuhde olisi 60 %. Kymmenennessä laskentatapauksessa tarkasteltiin tilannetta, jossa LTO:n vuosihyötysuhde on 70 %.

11. Aurinkosähkön hyödyntämisen vaikutus E-lukuun

Aurinkosähkön vaikutusta E-lukuun tutkittiin siten, että 15 % rakennuksen laitteiden, valaistuksen ja LVI-järjestelmien sähkön nettoenergiantarpeesta tuotettaisiin aurinkopaneeleilla. Jäähdytyksen tarvitsema sähköenergia ostetaan verkosta. Aurinkosähkö on uusiutuvaa ilmaisenergiaa, joten sen osuus vähennetään E-luvun laskennassa sähkön ostoenergiantarpeesta.

12. Kaukojäähdytysverkkoon liittymisen vaikutus E-lukuun

Laskentatapauksessa 12 tarkasteltiin kaukojäähdytyksen saamisen vaikutusta rakennuksen E-lukuun. Perustapauksessa jäähdytys on toteutettu kokonaan sähköenergialla. Kaukojäähdytysverkkoon liittymisen tulisi pienentää E-lukua, sillä kaukojäähdytyksen energiamuutokerroin on huomattavasti pienempi kuin sähkön.

13. Valittujen ratkaisuiden yhteisvaikutus E-lukuun

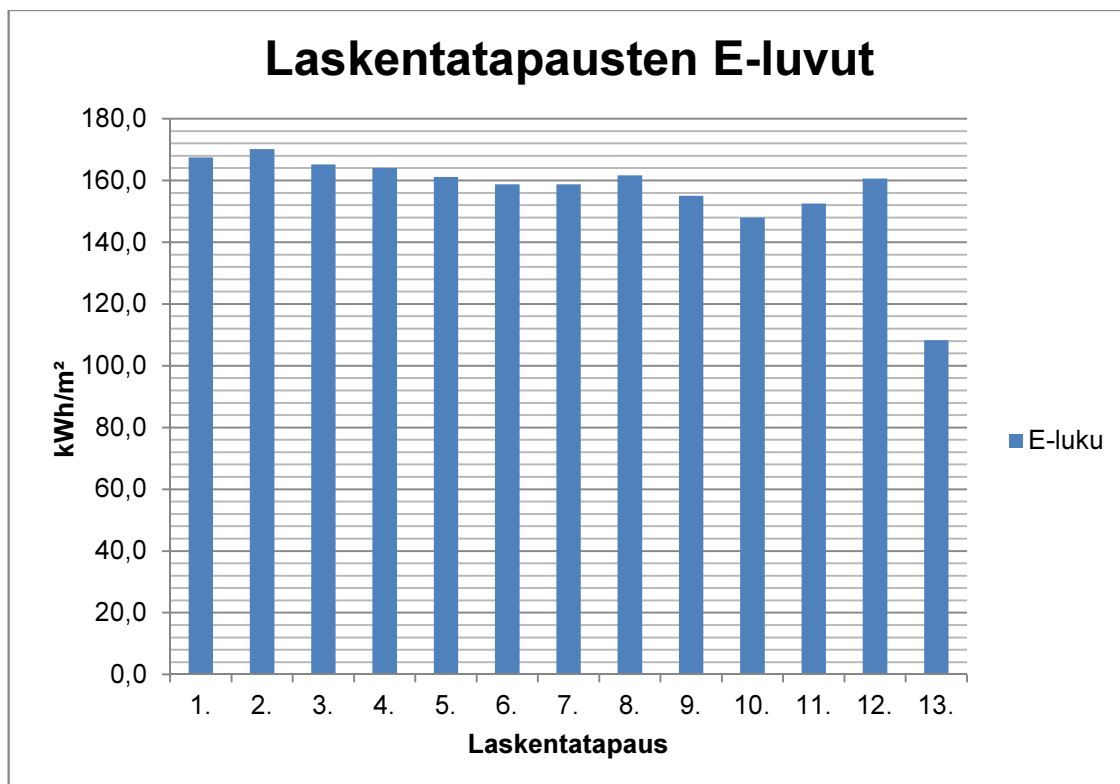
Edellä tarkasteltujen suunnitteluratkaisuiden yhteisvaikutuksen laskentaan valittiin seuraavat E-lukua parantavat ratkaisut:

- rakennuksen parempi tiiveys
- rakenteiden pienemmät U-arvot
- ikkunoiden pienempi U-arvo sekä sälekaihtimet
- SFP-luvun pienentäminen
- LTO:n vuosihyötysuhde 70 %
- aurinkosähkön hyödyntäminen
- kaukojäähdytysverkkoon liittyminen.

Edellä luetellut ratkaisut valittiin niiden E-lukua pienentävän vaikutuksen perusteella. Ikkunoiden lipat jätettiin pois julkisivukuvan heikentymisen vuoksi.

6.3 Herkkyystarkastelun tulokset

Energiatodistusasetuksen mukainen E-luvun suurin sallittu arvo toimistorakennukselle on 170 kWh/m^2 . Energiatodistusasetuksen ja RakMk D3:n mukaisilla lähtöarvoilla laskettuna rakennuksen E-luku on $167,5 \text{ kWh/m}^2$, joten rakennus täyttää sille asetetun vaatimuksen E-luvusta. Perustapauksen lähtöarvoilla laskettuna rakennuksen energiatehokkuusluokka on C. Herkkyystarkastelun tulosten perusteella E-lukua pystytään pienentämään monia eri ratkaisuja tehostamalla, mutta yksittäisten ratkaisuiden vaikutus E-lukuun oli melko pieni. Eri energiatehokkuuden parantamiskäytännöt yhdistämällä saavutettiin kuitenkin rakennuksen energiatehokkuuden parantamisen kannalta merkittäviä tuloksia. Herkkyystarkastelun laskentatapausten E-luvut on esitetty kuvan 61 diagrammissa.



Kuva 61. Herkkyystarkastelun laskentatapausten E-luvut.

Herkkyystarkastelun tulosten perusteella rakennuksen pääjulkisivun suuntaamisella itään ei ollut energiatehokkuutta parantavaa vaikutusta, sillä E-luku nousi arvoon 170,2 kWh/m². Rakennuksen suuntausta muuttamalla sekä lämmityksen että jäähdytyksen nettoenergiantarve kasvoi. Rakennuksen suuntauksen muutos aiheutti olosuhdetarkastelussa huomattavan huonelämpötilojen ylikuumenemisen rakennuksen eteläpäädyssä, sillä rakennuksen päädyissä ikkunapinta-alaa on huomattava osa ulkoseinän pinta-alaan nähden.

Rakennuksen tiiveyden vaikutus E-lukuun oli myös melko vähäinen, mutta E-luku pieneni ilmanvuodon pienenemisen myötä 2,3 kWh/m². Lämmityksen nettoenergiantarve pieneni 12,3 MWh/a, mutta vastaavasti jäähdytykseen käytettävän sähköenergian nettotarve kasvoi 1,5 MWh/a. Rakenteiden U-arvoja pienentämällä rakennuksen E-luku pieneni 3,5 kWh/m².

Ikkunoiden U-arvon ja suojauksen parantamisella on merkittävä vaikutus rakennuksen E-lukuun. Pelkästään Ikkunoiden U-arvoa parantamalla rakennuksen E-luku pieneni 6,5 kWh/m². Ikkunoiden U-arvon pienentäminen pienentää niin lämmityksen kuin jäähdytyksenkin nettoenergiantarvetta. Kun ikkunoihin lisättiin vielä sälekaihtimet, pieneni

E-luku vielä $2,3 \text{ kWh/m}^2$. Sälekaihtimien lisääminen pienensi jäähdytykseen käytettävän sähköenergian nettotarvetta 65 %, mutta lämmityksen nettoenergiantarve vastavasti kasvoi noin 4 %.

Ilmanvaihtojärjestelmän energiatehokkuuden optimointi on talotekniikan osalta merkittävin yksittäinen energiatehokkuuden parantamiskeino. Kun perustapaukseen nähden SFP-lukua pienennettiin $0,5 \text{ kW/(m}^3/\text{s)}$, pieneni ilmanvaihtojärjestelmän vuosittainen sähköenergian nettotarve $9,1 \text{ MWh}$. Merkittävin ilmanvaihdon energiatehokkuutta parantava vaikutus on LTO:n hyötysuhteen parantamisella. Perustapauksen energialaskennassa LTO:n vuosihyötysuhteena käytettiin energiatodistusasetuksen minimivaatimuksen mukaista 45 %:n vuosihyötysuhdetta. Laskentatapauksessa 10 vuosihyötysuhde nostettiin 70 %:iin, jolloin ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve väheni 66 % ja E-luku pieneni $19,5 \text{ kWh/m}^2$.

Uusiutuvista ilmaisenergioista herkkyystarkastelussa oli mukana aurinkosähkö, jonka vaikutusta E-lukuun tarkasteltiin laskentatapauksessa 11. Aurinkosähkön vaikutus E-lukuun oli yksittäisistä tarkastelluista ratkaisuista toiseksi suurin ilmanvaihdon LTO:n hyötysuhteen parantamisen jälkeen. Kun valaistuksen, kuluttajalaitteiden ja LVI-järjestelmien sähköenergian kulutuksesta 15 % tuotettiin aurinkosähköllä, pieneni rakennuksen E-luku $14,9 \text{ kWh/m}^2$. Aurinkosähkön hyödyntämisen kohtalaisen suuresta vaikutuksesta E-luvun pienenemiseen voidaan päätellä uusien määräysten ja asetusten myönteinen kanta uusiutuvien ilmaisenergioiden käyttämiseen.

Esimerkkikohteen E-luku pieneni $6,8 \text{ kWh/m}^2$, kun rakennuksen jäähdytys toteutettiin laskennassa sähkön sijasta kaukojäähdytyksellä. E-luvun pieneneminen johtuu kaukojäähdytyksen pienemmästä energiamuotokertoimesta. Esimerkkirakennus kannattaisi liittää kaukojäähdytysverkkoon, mikäli se olisi mahdollista.

Yhteisvaikutuksen laskentaan valittujen ratkaisuiden yhteisvaikutuksesta rakennuksen E-luvuksi saatiin $108,3 \text{ kWh/m}^2$. Yhteisvaikutuksessa huomioon otettujen ratkaisuiden ansiosta rakennuksen energiatehokkuusluokaksi tulisi luokka B (energiatodistusasetuksen mukaan B-luokan raja-arvo on 120 kWh/m^2). Herkkyystarkastelun tuloksista voi päätellä toimistorakennuksen minimivaatimusten täyttyvän kohtalaisen helposti. Mikäli tavoitteena on parempi energiatehokkuusluokka kuin C, täytyy erilaisia toteuttamiskelpoisia ja energiatehokkuutta parantavia suunnitteluratkaisuja valita useita, jotta E-lukua saa pienennettyä riittävästi.

7 Yhteenveto

Tämän Insinööriyön tarkoituksena oli luoda tilaajayritykselle selkeä dynaamisen energialaskennan ohje jäähdytetyille toimistorakennuksille. Suunnitteluohjeen on tarkoitus toimia avustavana ohjeena dynaamista energialaskentaa suoritettaessa. Suunnitteluohjeen yksi tavoite oli tehdä siitä mahdollisimman selkeä, jotta laskennassa käytettävien ohjelmien käyttö olisi ohjelmia vähemmän käyttäneille riittävän selkeä. Tavoitteena oli myös uuden energiatodistusasetuksen, Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 sekä tietoteknisen ohjeen yhdistäminen yhdeksi kokonaisuudeksi.

Suunnitteluohjeeseen tehtiin kaksi eri osiota. Teoriaosiossa käsitellään laskentasäännöt ja lähtöarvot yhdistämällä RakMk D3:n energiatodistusasetuksen määräyksiä ja ohjeistuksia. Tietotekniseen osioon tehtiin esimerkkikohteen laskennan ohella tietotekninen ohje MagiCAD Room- sekä Riuska-ohjelmille, jossa on esitetty tietomallin luominen ja dynaamisen energialaskennan tietotekninen toteuttaminen vaiheittain.

Insinööriyössä tehtiin lisäksi suunnitteluohjeen luonnissa käytetylle esimerkkikohteelle herkkyystarkastelu, jossa tarkasteltiin erilaisten suunnitteluratkaisuiden vaikutusta rakennuksen energiatehokkuuteen. Herkkyystarkastelun avulla pystyttiin erottamaan selkeästi E-lukua parantavat ratkaisut sellaisista ratkaisuista, joiden merkitys E-lukuun oli todella pieni. Herkkyystarkastelun perusteella voi todeta myös yksittäisten energiatehokkuutta parantavien ratkaisuiden olevan rakennuksen energiatehokkuusluokan kannalta lähes poikkeuksetta merkityksettömiä. Useiden eri energiatehokkuutta parantavien ratkaisuiden yhdistäminen sen sijaan nosti rakennuksen energiatehokkuusluokasta C luokkaan B.

Rakennuslupamenettelyn yhteydessä tehtävä energiaselvitys on muuttunut jonkin verran työläemmäksi uuden energiatodistusasetuksen myötä. Monille LVI-suunnittelijoille tietomallintaminen ja dynaamisen energiasimuloinnin suorittaminen tulee aiheuttamaan vaikeuksia, sillä tietomallinnus- sekä laskentaohjelmien käyttämiseen vaadittavassa osaamisessa on puutteita. Todennäköisesti monet LVI-suunnittelutoimistot joutuvat ulkoistamaan energiasimuloinnin riittämättömien taitojen tai yritykselle huonon kustannustehokkuuden vuoksi. Vaihtoehtona ulkoistamiselle on tietomallinnus- ja energialaskentaohjelmien käytön kouluttaminen energialaskennan suorittamiseksi omassa yrityksessä.

Lähteet

- 1 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU. Euroopan unionin virallinen lehti.
- 2 Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi. 8.7.2011. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. <<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=120444>>. Luettu 17.4.2013.
- 3 Kansallinen energia- ja ilmastostrategia. 8/2013. Työ- ja elinkeinoministeriö, energiaosasto. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja.
- 4 Laki rakennuksen energiatodistuksesta. 5 §. (50/2013). 18.1.2013. Verkkodokumentti. Finlex. <<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130050#L1P1>>. Luettu 17.4.2013.
- 5 Asetus rakennusten energiatodistuksesta 27.2.2013. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. <<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=142219>>. Luettu 17.4.2013.
- 6 Rakennusten energiatehokkuus. 2012. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D3. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 7 Sormunen, Piia. 2013. Energiatekniikan yliopettaja, Metropolia ammattikorkeakoulu, Leppävaaran toimipiste, Espoo. Puhelinkeskustelu. 29.4.2013.
- 8 MagiCAD Comfort & Energy käyttöohje. Versio 4.8.7.

Esimerkkikohteen rakenteiden tiedot

Rakenteen tunnus ja U-arvo	Rakennemateriaalit sisältä ulospäin	Paksuus mm	Lämmönjohtavuus W/(m ² K)
-------------------------------	--	---------------	---

AP 01	Tasoitemateriaali	15	1,2
	Ontelolaatta	370	1,4
	Polystyreeni	170	0,031
U = 0,17 W/m ² K	Kokonaispaksuus	555	

YP 01	Tasoitemateriaali	10	1,2
	Ontelolaatta	265	1,4
	Puhallusvilla	430	0,041
U = 0,09 W/m ² K	Kokonaispaksuus	705	

US 01	Teräsbetoni	150	1,7
	Mineraalivilla	220	0,04
	Rappaus	10	1
U = 0,17 W/m ² K	Kokonaispaksuus	380	

VS 01	Kipsilevy	13	0,23
	Mineraalivilla	50	0,04
	Kipsilevy	13	0,23
U = 0,56 W/m ² K	Kokonaispaksuus	92	

VS 02	2xKipsilevy	26	0,23
	Mineraalivilla	50	0,04
	2xKipsilevy	26	0,23
U = 0,53 W/m ² K	Kokonaispaksuus	118	

VS 03	tiili	130	0,38
U = 1,66 W/m ² K	Kokonaispaksuus	130	

VS 04	betoni	200	1,7
U = 2,65 W/m ² K	Kokonaispaksuus	200	

HUOM: Väliseinätyypeissä VS 01 JA VS 02 ilmarako 16mm.

Herkkyystarkastelun lähtöarvotaulukko

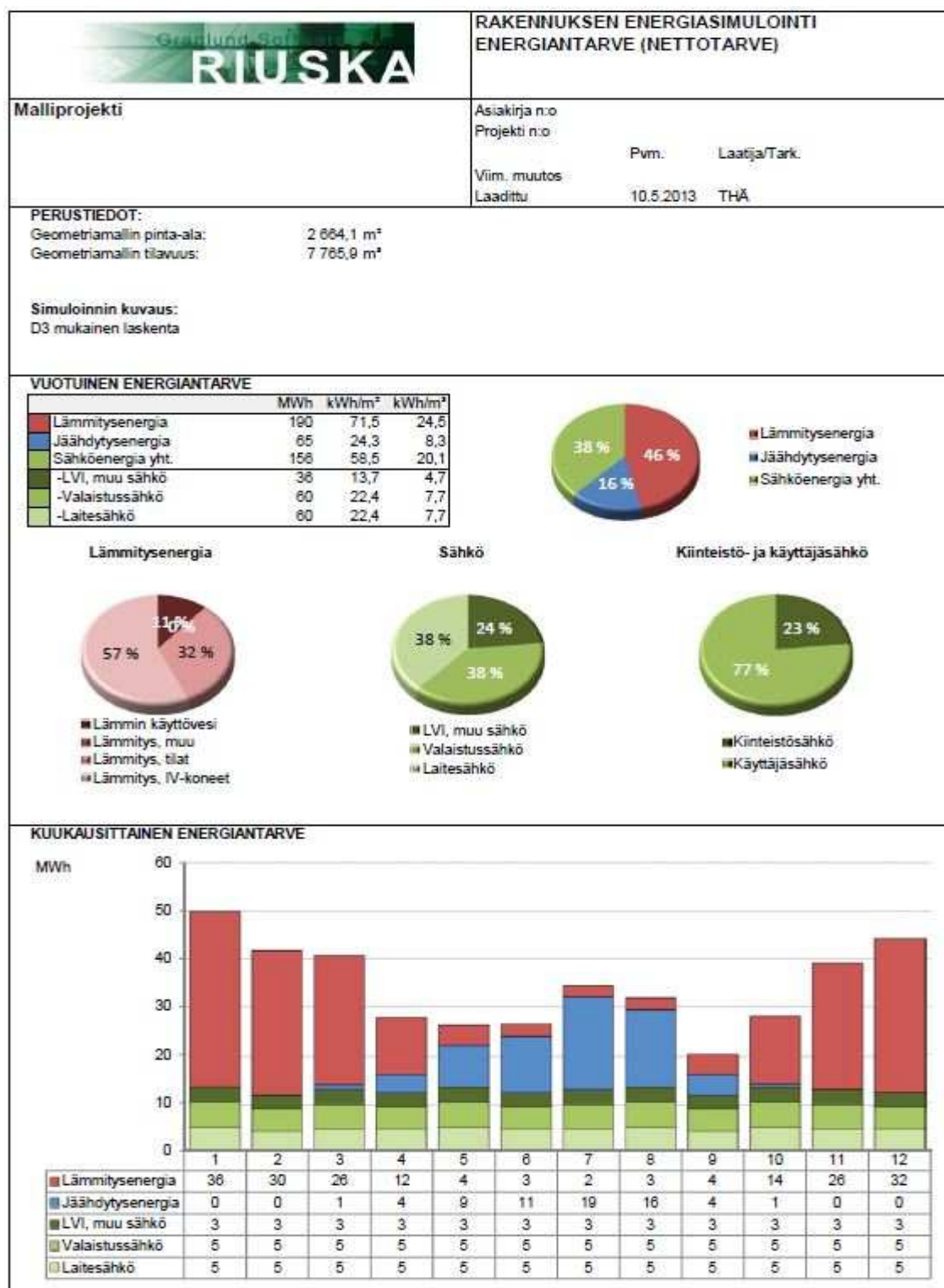
Lasketatapaus	Lasketatapauksen kuvaus	Rakennuksen suuntaus	q50-luku	Ikkunan U-arvo	Auringon läpäisy g-arvo	Ikkunoiden auringon-suojus	Seinän U-arvo	Katon U-arvo	Alapohjan U-arvo	Laitte-kuorma	Ihmis-kuorma	Valaistus-kuorma	Käyttö-aste	Käyttö-tiloissa	SFP-luku	LTO:n lämpötila-hyötysuhde	Energianuoto, lämmitys	Energianuoto, jäähdytys	Energia muoto, sähkö
			m ² /h.m2	W/m2.K	%		W/m2.K	W/m2.K	W/m2.K	W/m2	W/m2	W/m2	-	dm ² /m2	kW/(m3/g)	%			
1.	PERUSTAPAUUS (D3)	Etelään	4,00	1,00	50	Ei	0,17	0,09	0,17	12,0	4,4	12	0,65	2,0	2,00	45,00	kaukolämpö	sähkö	sähkö
2.	PÄÄJULKISIVU ITÄÄN	Itään	4,00	1,00	50	Ei	0,17	0,09	0,17	12,0	4,4	12	0,65	2,0	2,00	45,00	kaukolämpö	sähkö	sähkö
3.	RAKENNUKSEN TIIVEYS	Etelään	1,50	1,00	50	Ei	0,17	0,09	0,17	12,0	4,4	12	0,65	2,0	2,00	45,00	kaukolämpö	sähkö	sähkö
4.	RAKENTEIDEN U-ARVO	Etelään	4,00	1,00	50	Ei	0,09	0,07	0,09	12,0	4,4	12	0,65	2,0	2,00	45,00	kaukolämpö	sähkö	sähkö
5.	IKKUNAT U = 0,7	Etelään	4,00	0,70	33	Ei	0,17	0,09	0,17	12,0	4,4	12	0,65	2,0	2,00	45,00	kaukolämpö	sähkö	sähkö
6.	IKKUNAT U = 0,7+ KAIHTIMET	Etelään	4,00	0,70	33	KYLLÄ	0,17	0,09	0,17	12,0	4,4	12	0,65	2,0	2,00	45,00	kaukolämpö	sähkö	sähkö
7.	IKKUNAT U = 0,7+ KAIHTIMET+ LIPPA	Etelään	4,00	0,70	33	KYLLÄ	0,17	0,09	0,17	12,0	4,4	12	0,65	2,0	2,00	45,00	kaukolämpö	sähkö	sähkö
8.	SFP 1,5	Etelään	4,00	1,00	50	Ei	0,17	0,09	0,17	12,0	4,4	12	0,65	2,0	1,50	45,00	kaukolämpö	sähkö	sähkö
9.	LTO VUOSHYÖTYSUHDE 60%	Etelään	4,00	1,00	50	Ei	0,17	0,09	0,17	12,0	4,4	12	0,65	2,0	2,00	60,00	kaukolämpö	sähkö	sähkö
10.	LTO VUOSHYÖTYSUHDE 70%	Etelään	4,00	1,00	50	Ei	0,17	0,09	0,17	12,0	4,4	12	0,65	2,0	2,00	70,00	kaukolämpö	sähkö	sähkö
11.	AURINKOSÄHKÖÄ 15 %	Etelään	4,00	1,00	50	Ei	0,17	0,09	0,17	12,0	4,4	12	0,65	2,0	2,00	45,00	kaukolämpö	sähkö	sähkö
12.	KAUKOJÄÄHDYTY	Etelään	4,00	1,00	50	Ei	0,17	0,09	0,17	12,0	4,4	12	0,65	2,0	2,00	45,00	kaukolämpö	kaukojäähdytys	sähkö
13.	YHTESISYÖTYKÄ	Etelään	1,50	0,70	33	KYLLÄ	0,09	0,07	0,09	12,0	4,4	12	0,65	2,0	1,50	70,00	kaukolämpö	kaukojäähdytys	sähkö


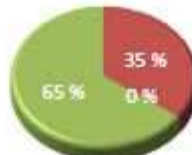
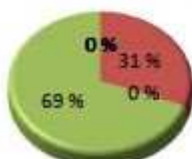

Herkkyystarkastelun tulostaulukot


Tapaus nro	Laskentatapauksen kuvaus	Lämmitys					Sähkö					Jäähdytys				Energiamuotokeinoilla painotettu energiankulutus yhteensä				
		LKV	IV	Tilalämm.	Muu	Yht.	Uusiutuva omavarainen.	Yht.	Valaistus	Laite	LVV	Yht.	Uusiutuva omavarainen.	Yht.	Sähkö $\eta=2,5$	Energia	Kaukojäähdytys	Sähkö	Kaukojäähdytys	E-luku
		kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
1.	PERUSTAPAUUS (03)	21,0	107,8	61,7	0,0	190,5	0,0	196,4	59,7	59,7	36,4	155,7	0,0	155,7	25,9	0,0	51,6	115,9	0,0	167,5
2.	PAJALUKSIVUUTÄÄN	21,0	107,8	62,7	0,0	191,4	0,0	197,4	59,7	59,7	36,4	155,7	0,0	155,7	29,7	0,0	51,9	118,4	0,0	170,2
3.	RAKENNUKSEN TILIN	21,0	107,3	50,3	0,0	178,5	0,0	184,1	59,7	59,7	36,4	155,7	0,0	155,7	27,4	0,0	48,4	116,9	0,0	165,2
4.	RAKENNUKSEN U-ARVO	21,0	107,0	45,2	0,0	173,2	0,0	178,5	59,7	59,7	36,4	155,7	0,0	155,7	27,8	0,0	46,9	117,1	0,0	164,0
5.	IKKUNAT U = 0,7	21,0	108,2	56,6	0,0	185,8	0,0	191,5	59,7	59,7	36,4	155,7	0,0	155,7	17,9	0,0	50,3	110,8	0,0	161,1
6.	IKKUNAT U = 0,7 + KAHITTIMET	21,0	109,8	67,3	0,0	198,1	0,0	204,2	59,7	59,7	36,4	155,7	0,0	155,7	9,0	0,0	53,7	105,1	0,0	158,8
7.	IKKUNAT U = 0,7 + KAHITTIMET + LIPPA	21,0	109,9	68,3	0,0	199,2	0,0	205,4	59,7	59,7	36,4	155,7	0,0	155,7	8,4	0,0	54,0	104,8	0,0	158,7
8.	SFP 1,5	21,0	107,8	61,7	0,0	190,5	0,0	196,4	59,7	59,7	27,3	146,6	0,0	146,6	25,9	0,0	51,6	110,1	0,0	161,7
9.	LTO VUOSIHOTYYSUUS 60%	21,0	62,0	61,7	0,0	144,7	0,0	149,2	59,7	59,7	36,4	155,7	0,0	155,7	25,9	0,0	39,2	115,9	0,0	155,1
10.	LTO VUOSIHOTYYSUUS 70%	21,0	35,9	61,7	0,0	118,6	0,0	122,3	59,7	59,7	36,4	155,7	0,0	155,7	25,9	0,0	32,1	115,9	0,0	148,0
11.	AIKUNNUSKÄSÄ 15%	21,0	107,8	61,7	0,0	190,5	0,0	196,4	59,7	59,7	36,4	155,7	0,0	155,7	25,9	0,0	51,6	101,0	0,0	152,6
12.	RAUKOJAARHITUS	21,0	107,8	61,7	0,0	190,5	0,0	196,4	59,7	59,7	36,4	155,7	0,0	155,7	0,0	64,7	51,6	99,4	9,7	160,7
13.	YHTESVAKUUTUS	21,0	35,8	35,9	0,0	92,6	0,0	95,5	59,7	59,7	27,3	146,6	0,0	146,6	0,0	24,3	25,1	79,5	3,6	108,3


Tapaus nro	Laskentatapauksen kuvaus	Lämmitys					Sähkö					Jäähdytys				Energiamuotokeinoilla painotettu energiankulutus yhteensä				
		LKV	IV	Tilalämm.	Muu	Yht.	Uusiutuva omavarainen.	Yht.	Valaistus	Laite	LVI	Yht.	Uusiutuva omavarainen.	Yht.	Sähkö	Energia	Kaukojäähdytys	Sähkö	Kaukojäähdytys	E-luku
		kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²	kWh/m ²
1.	PERUSTAPAUUS (03)	7,9	40,5	23,2	0	71,5	0	73,7	22,4	22,4	13,7	58,5	0,0	58,5	9,7	0,0	51,6	115,9	0,0	167,5
2.	PAJALUKSIVUUTÄÄN	7,9	40,5	23,5	0	71,9	0	74,1	22,4	22,4	13,7	58,5	0,0	58,5	11,2	0,0	51,9	118,4	0,0	170,2
3.	RAKENNUKSEN TUNIPS	7,9	40,3	18,9	0	67,0	0	69,1	22,4	22,4	13,7	58,5	0,0	58,5	10,3	0,0	48,4	116,9	0,0	165,2
4.	RAKENNUKSEN U-ARVO	7,9	40,2	17,0	0	65,0	0	67,0	22,4	22,4	13,7	58,5	0,0	58,5	10,4	0,0	46,9	117,1	0,0	164,0
5.	IKKUNAT U = 0,7	7,9	40,6	21,2	0	69,7	0	71,9	22,4	22,4	13,7	58,5	0,0	58,5	6,7	0,0	50,3	110,8	0,0	161,1
6.	IKKUNAT U = 0,7 + KAHTIMET	7,9	41,2	25,3	0	74,4	0	76,7	22,4	22,4	13,7	58,5	0,0	58,5	3,4	0,0	53,7	105,1	0,0	158,8
7.	IKKUNAT U = 0,7 + KAHTIMET + LUPA	7,9	41,3	25,7	0	74,8	0	77,1	22,4	22,4	13,7	58,5	0,0	58,5	3,2	0,0	54,0	104,8	0,0	158,7
8.	SFP 1,5	7,9	40,5	23,2	0	71,5	0	73,7	22,4	22,4	10,3	55,0	0,0	55,0	9,7	0,0	51,6	110,1	0,0	161,7
9.	LTO VUOSIHOTYYSUUS 60%	7,9	23,3	23,2	0	54,3	0	56,0	22,4	22,4	13,7	58,4	0,0	58,4	9,7	0,0	39,2	115,9	0,0	155,1
10.	LTO VUOSIHOTYYSUUS 70%	7,9	13,5	23,2	0	44,5	0	45,9	22,4	22,4	13,7	58,4	0,0	58,4	9,7	0,0	32,1	115,9	0,0	148,0
11.	AURINKOSÄHKÖ 15 %	7,9	40,5	23,2	0	71,5	0	73,7	22,4	22,4	13,7	58,4	8,8	49,7	9,7	0,0	51,6	101,0	0,0	152,6
12.	KAIKOAÄHÄNTYYS	7,9	40,5	23,2	0	71,5	0	73,7	22,4	22,4	13,7	58,4	0,0	58,4	0,0	24,3	51,6	99,4	9,7	160,7
13.	YHTESVAKUUTUS	7,9	13,4	13,5	0	34,8	0	35,8	22,4	22,4	10,3	55,0	8,3	46,8	0,0	9,1	25,1	79,5	3,6	108,3

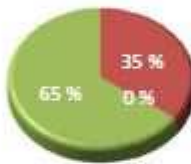
Riuska-ohjelman energiatulosteet



<div>Grundfos Sol</div> <div>RIUSKA</div>		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI OSTOENERGIAN TARVE					
Malliprojekti		Asiakirja n:o					
		Projekti n:o					
		Pvm.	Laatija/Tark.				
		Viim. muutos					
Laadittu		10.5.2013	THA				
PERUSTIEDOT:							
Geometriamallin pinta-ala:		2 664,1 m ²					
Geometriamallin tilavuus:		7 765,9 m ³					
Simuloinnin kuvaus:							
D3 mukainen laskenta							
VUOTUINEN OSTOENERGIAN TARVE							
	MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	Energian hinta EUR/MWh	Energian hinta EUR	Perusmaksu EUR	Yhteensä EUR
Lämmitysenergia	196,4	73,7	25,3	45,00	8 836,78	0,00	8 836,78
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Sähköenergia	181,6	68,2	23,4	90,00	16 345,14	0,00	16 345,14
Yhteensä	378,0	141,9	48,7	135,00	25 181,92	0,00	25 181,92
ENERGIA		HINTA					
							
E-LUVUN ERITTELY				ENERGIAMUODOT			
Energiamuoto	Osto- energia MWh	Energia- muoto- kerroin	Energiamuotokertoimilla painotettu energiankulutus		Energian hinta EUR/MWh	Perus- maksu EUR	
			MWh	kWh/m ²			
Kaukolämpö	196,4	0,70	137,5	51,6	45,00	0,00	
Kaukojäähdytys	0,0	0,40	0,0	0,0	90,00	0,00	
Sähkö	181,6	1,70	308,7	115,9	90,00	0,00	
Uusiutuva	0,0	0,50	0,0	0,0			
Fossiilinen	0,0	1,00	0,0	0,0			
E-luku				167,5			
Ilmaisenenergia			MWh	kWh/m ²			
Aurinkolämpö			0,0	0,0			
Aurinkosähkö			0,0	0,0			
Tuulisähkö			0,0	0,0			
Maalämmön lämmönlähteestä ottama energia			0,0	0,0			
Muu			0,0	0,0			
Ilmaisenenergiat yhteensä:			0,0	0,0			
ENERGIAMUOTOKERTOIMILLA PAINOTETTU ENERGIA		ILMAISENERGIAT JAKAUMA		ILMAISENERGIAN OSUUS KOKONAISENERGIAN TARPEESTA			
		0 %					

		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI OSTOENERGIA - CO2 PÄÄSTÖT					
Malliprojekti		Asiakirja n:o Projekti n:o Pvm: Laati/Tark. Viim. muutos Laadittu: 10.5.2013 THÄ					
PERUSTIEDOT: Geometriamallin pinta-ala: 2 664,1 m ² Geometriamallin tilavuus: 7 765,9 m ³ Simuloinnin kuvaus: D3 mukainen laskenta							
VUOTUINEN OSTOENERGIAN TARVE							
	MWh	kWh/m ²	kWh/m ³	Energian hinta EUR/MWh	Energian hinta EUR	Perusmaksu EUR	Yhteensä EUR
Lämmitysenergia	196,4	73,7	25,3	45,00	8 836,78	0,00	8 836,78
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00
Sähköenergia	181,6	68,2	23,4	90,00	16 345,14	0,00	16 345,14
Yhteensä	378,0	141,9	48,7	135,00	25 181,92	0,00	25 181,92


ENERGIA



HINTA



CO2 PÄÄSTÖT

Energiamuoto	Osto- energia MWh	CO2 päästöt kg/MWh	CO2 päästöt ton CO2
Tyyppi			
Lämmitysenergia	196,4	220,0	43,2
Jäähdytysenergia	0,0	0,0	0,0
Sähköenergia	181,6	223,0	40,5
Yhteensä	378,0		83,7

Energiamuoto	Osto- energia MWh	CO2 päästöt kg/MWh	CO2 päästöt ton CO2
Tyyppi			
Kaukolämpö	196,4	220,0	43,2
Kaukojäähdytys	0,0	0,0	0,0
Sähkö	181,6	223,0	40,5
Uusiutuva	0,0	0,0	0,0
Fossiilinen	0,0	0,0	0,0
Yhteensä	378,0		83,7

CO2 PÄÄSTÖT


		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT			
Malliprojekti		Asiakirja n:o		Pvm.	
		Projekti n:o		Laatija/Tark.	
		Viim. muutos			
		Laadittu		10.5.2013 THÄ	
Rakennuksen käyttötarkoitus Rakennusvuosi Lämmitetty nettoala					
Ilmanvuotoluku q50		2 664,1 m ² 4,0 m ³ /(h·m ²)			
Rakennusvaipan umpiosat		A m ²	U W/(m ² ·K)	U·A W/K	%
Ulkoseinät		1 034,7	0,17	179,38	22,1
Yläpohja		888,0	0,09	80,98	10,0
Alapohja		888,0	0,17	150,38	18,5
Ikkunat		393,7	1,00	393,68	48,5
Ulko-ovet		6,5	1,00	6,44	0,8
Kylmäsiilat				0,00	0,0
Ikkunat ilmansuunnittain		A m ²	U W/(m ² ·K)	g-arvo -	
Pohjoinen		151,2	1,00	0,50	
Koillinen		0,0	0,00	0,00	
Itä		47,9	1,00	0,50	
Kaakko		0,0	0,00	0,00	
Etelä		146,7	1,00	0,50	
Lounas		0,0	0,00	0,00	
Länsi		47,9	1,00	0,50	
Luode		0,0	0,00	0,00	
Kattoikkunat		0,0	0,00	0,00	
		393,7			
Ilmanvaihtojärjestelmä		Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s)/(m ³ /s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m ³ /s)	LTO:n lämpö- tilasuhde -	Jäätymisen esto °C
Ilmanvaihto, palvelualue 1		5,3 5,3	2,0	45	-2
Ilmanvaihtojärjestelmä		5,3 5,3	2,0		
Lämmitysjärjestelmä		Tuoton hyötysuhde -	Lämmitysjärj. hyötysuhde -	Lämpökerroin ¹ -	Apulaitteiden sähkökäyttö ² W
Tilojen ja IV:n lämmitys					0
LKV:n valmistus					
¹ vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpuille lämpöpumpputähteissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen					
Jäähdytysjärjestelmä		Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin, -			
LKV:n käyttö		m ³ /(m ² ·a)	yht. m ³ /a		
Sisäiset lämpökuormat		Henkilöt W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Valaistus W/m ²	Käyttöaste -
Päiväys	Allekirjoitus	Nimen selvennys			

		RAKENNUKSEN ENERGIASIMULOINTI E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET	
Malliprojekti		Asiakirja n:o Projekti n:o	
		Pvm: Laajitus/Tark.	
		Viim. muutos Laadittu 10.5.2013 THÄ	
Rakennuksen käyttötarkoitus Rakennusvuosi Lämmitetty nettoala 2 664,1 m ²			
E-luku 167,5 kWh/(m ² ·a) (kWh lämmitettyä nettoalaa kohti)			
E-luvun erittely			
	Ostoenergia	Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus
	kWh/a	-	kWh/a kWh/(m ² ·a)
Sähkö	181 613	1,70	308 741 116
Kaukolämpö	106 373	0,70	137 461 52
Kaukojäähdytys	0	0,40	0 0
Uusiutuva polttoaine	0	0,50	0 0
Fossiilinen polttoaine	0	1,00	0 0
Yhteensä	377 985	4,3	446 202 167
Uusiutuva omavaraisenergia			
	kWh/a	kWh/(m ² ·a)	
Aurinkosähkö	0	0	
Aurinkolämpö	0	0	
Tuulisähkö	0	0	
Lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia	0	0	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus			
	Sähkö kWh/(m ² ·a)	Lämpö kWh/(m ² ·a)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² ·a)
Lämmitysjärjestelmä	-	-	-
Tilojen lämmitys*			
Tuloilman lämmitys			
Lämpimän käyttöveden valmistus			
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	-	-	-
Jäähdytysjärjestelmä	-	-	-
Kuluttajalaitteet ja valaistus	-	-	-
Yhteensä	0,0	0,0	0,0
*Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen			
Energian nettotarve			
	kWh/a	kWh/(m ² ·a)	
Tilojen lämmitys*	61 696	23,2	
Ilmanvaihdon lämmitys*	107 821	40,5	
Lämpimän käyttöveden valmistus	20 965	7,9	
Jäähdytys	64 706	24,3	
*sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa *laskettu lämmönlähteenoton kanssa			
Lämpökuormat			
	kWh/a	kWh/(m ² ·a)	
Aurinko	71 165	26,7	
Ihmiset	21 527	8,1	
Kuluttajalaitteet	58 631	22,0	
Valaistus	58 681	22,0	
Laskentatyökalun nimi ja versionumero RIUSKA 4.8.7			
Päiväys		Allekirjoitus	Nimen selvennys